Hans Michaelis:
Handbuch der Kernenergie
Band 2

dtv wissenschaft

»Der Leser kann sich über die eigentliche Kernenergie hinaus, die sowohl physikalisch als auch technisch und ökonomisch erläutert wird, über Energiewirtschaft insgesamt informieren. Das geht bis zum Recycling der Öldollars. Michaelis beschäftigt sich aber auch eingehend und ohne Beschönigung mit den bisher in und an Kernkraftwerken aufgetretenen Unfällen. Man möchte die Lektüre dieses Buches manchem allzu forsch urteilenden Minister oder Umweltschutz-Fanatiker empfehlen. Er könnte bestimmt einiges hinzulernen.«

Frankfurter Allgemeine Zeitung

»Es ist außerordentlich zu begrüßen, daß nun eine von einem äußerst kompetenten Fachmann geschriebene und hervorragend dokumentierte Gesamtdarstellung der Kernenergie vorliegt, wobei sowohl deren technische wie auch wirtschaftliche und politische Aspekte behandelt werden.«

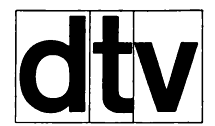
Neue Zürcher Zeitung

»Sein eigentlicher Wert liegt in der verständlichen Darstellung der ökonomischen und politischen Auswirkungen, wobei Umweltaspekte der Kernenergie den entsprechenden Rahmen finden. Das Buch besticht durch seine Sachlichkeit ohne ideologisches Prestigedenken. Dieses Buch als bestes seiner Art zu bezeichnen, ist keinesfalls übertrieben. Es gibt zum Beispiel demjenigen, der häufig in die Diskussion der Kernenergie eingeschaltet wird, sicheres und beweiskräftiges Material an die Hand, das sonst nur in Fachzeitschriften zu finden ist.«

Bild der Wissenschaft

Hans Michaelis:
Handbuch der Kernenergie
Band 2

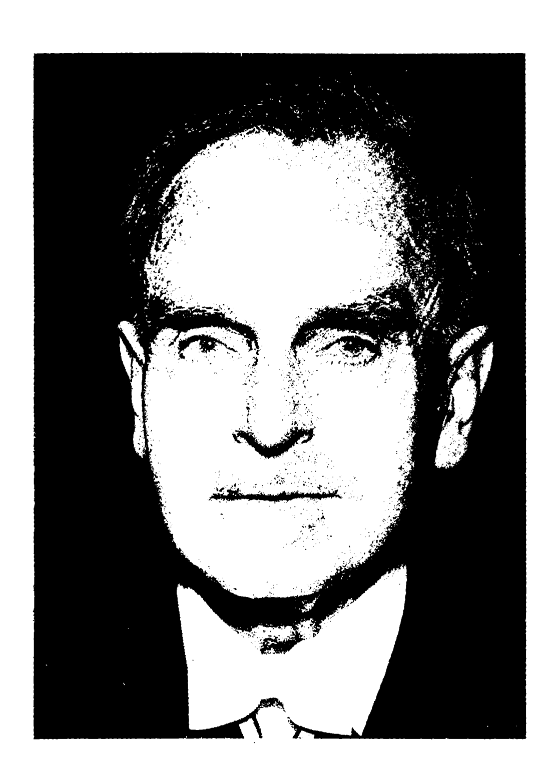
Deutscher
Taschenbuch
Verlag



Die 1. Auflage dieses Handbuches erschien 1977 in einem Band unter dem Titel ›Kernenergie‹.

Originalausgabe
März 1982

Umschlaggestaltung: Celestino Piatti
Gesamtherstellung: C. H. Beck'sche Buchdruckerei,
Nördlingen
Printed in Germany · ISBN 3-423-04367-9



Otto Hahn
1879–1968

4. Kernbrennstoffversorgung / Brennstoffzyklus

4.1 Uran als Kernbrennstoff

Gegenwärtig wie auch in naher und mittlerer Zukunft wird Kernenergie so gut wie ausschließlich aus der Spaltung von Uran gewonnen. Die Versorgung mit Kernbrennstoffen zu günstigen Bedingungen sicherstellen heißt, Uran ausreichend und preiswert gewinnen und für die Verwendung in Reaktoren vorbereiten, wie auch den abgebrannten Brennstoff wiederaufarbeiten und den radioaktiven Abfall beseitigen. Abb. 64 zeigt als Schema den Brennstoffkreislauf mit Uran als Ausgangsstoff. Dabei ist zu beachten, daß die industrielle Wiederaufarbeitung der in Leichtwasser-Reaktoren bestrahlten Brennstoffe erst

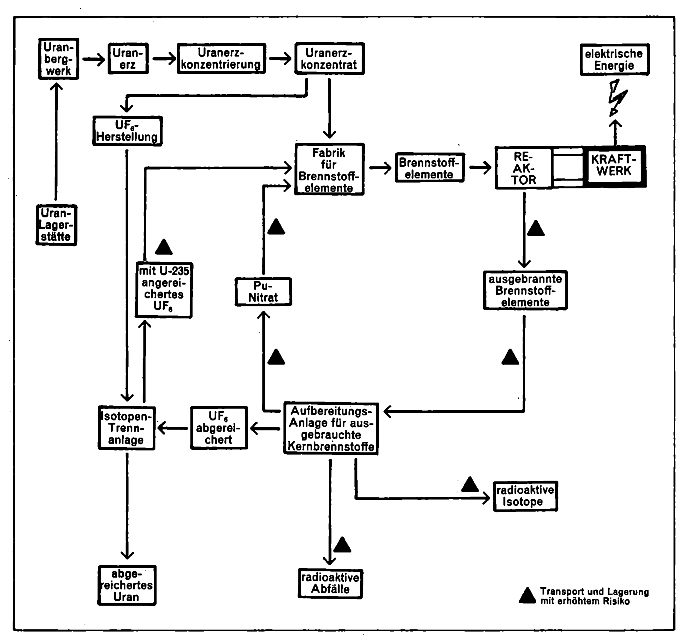


Abb. 64: Die mit dem Brennstoffzyklus einer Kernenergieanlage verbundenen Verarbeitungsprozesse. (Nach: M. Benedict (erweitert), 1957, u. V. Erichsen 1962)

Übersicht 118. Die Kosten des Brennstoffzyklus in der Bundesrepublik Deutschland (Preis- und Kostenstand 1980)

	Dpfg/kWh[a]	%
Förderung und Aufbereitung des Erzes	0,78	36
Anreicherung des Urans, einschl. Konversion des Urankonzentrats in Uranhexafluorid und Rekonversion	0,61	29
Brennelementfertigung, einschl. Transport der bestrahlten Elemente	0,20	9
Wiederaufarbeitung und Lagerung der radioaktiven Abfälle	0,84	39
Gutschrift für wiedergewinnbare Spaltstoffe (Uran, Plutonium)	– 0,28	– 13
	2,15	100

[a] Zurückgerechnet auf den Baubeginn des Kraftwerks (vgl. Übersicht 97, S. 409)

langsam, stark verzögert und vielfach energisch bestritten anläuft und daß das in den nächsten Jahren bei der Wiederaufarbeitung gewonnene, nicht für Reaktor-Experimente benötigte Plutonium mit dem Ziel der Rückführung in thermischen Reaktoren oder einer späteren Verwendung in Schnellen Brutreaktoren gelagert wird. Von einem voll entwickelten, d.h. geschlossenen Brennstoffzyklus kann daher zur Zeit noch nicht gesprochen werden.

Bei einer 1980 in der Bundesrepublik Deutschland erreichten Nettoerzeugung von 40 TWh Elektrizität aus Kernenergie und für das gleiche Jahr kalkulierten Brennstoffkreislaufkosten von 2,15 DPfg/kWh (fortgeschrieben aus den in Übersicht 97 angegebenen 1,88 DPfg/kWh) ergeben sich für das Jahr 1980 der Stromerzeugung zuzurechnende Brennstoffkreislaufkosten im Gesamtbetrage von 860 Mio DM, die sich gemäß Übersicht 118 auf die einzelnen Schritte des Brennstoffkreislaufs aufteilen. Unter der Annahme einer bis zur Jahrhundertwende installierten Leistung von 53 GWe ist bis zu diesem Zeitpunkt mit Aufwendungen zu Preisen und Kosten des Jahres 1980 von insgesamt 60 Mrd DM zu rechnen.

Der Bericht der Nuclear Energy Agency der OECD und der International Atomic Energy Agency ›Uranium. Resources, Production and Demand‹ vom Dezember 1975[1] schätzt den Kapitalbedarf der »westlichen Welt« für Anlagen des nuklearen Brennstoffkreislaufs wie folgt (Beträge in Mrd US-$ – Preisbasis Januar 1975):

1976 bis 1980	18 bis 24
1981 bis 1985	24 bis 32
1986 bis 1990	31 bis 41
1991 bis 1995	31 bis 38
insgesamt	104 bis 135

Der Bedarf verteilt sich wie folgt auf die einzelnen Schritte (s. Kasten). Auffällig ist der geringe Kapitalanteil der noch im Jahre 1975 für die Wiederaufarbeitung vorgesehen war.

[1] Wegen der Unsicherheiten, sowohl der Entwicklung der Kernenergie als auch der spezifischen Kosten des Brennstoffkreislaufs verzichten die jüngsten NEA-IAEA-Berichte vom Dezember 1977, März 1978 und Dezember 1979 auf die Bekanntgabe aktualisierter Angaben über den Kapitalaufwand. Schon wegen der erheblichen Erhöhung der Kostenvoranschläge für die Wiederaufarbeitung werden die neuen Beträge mit Sicherheit über den alten liegen.

Vorratshaltung einer Zehnjahresreserve an Uran	15,0%
Ausbau der Uranerzförderkapazität	11,8%
Anlagen zur Konversion in UF_6	2,5%
Urananreicherungsanlagen	51,8%
Brennelementefertigung	3,1%
Wiederaufarbeitung von LWR-Elementen	15,8%
	100%

Die Sicherstellung der Uranversorgung ist Teil einer umfassenden *Rohstoffversorgungspolitik.* Uran nimmt aber eine Sonderstellung unter den Rohstoffen ein. Es zeichnet sich in fünffacher Hinsicht aus:

(1) Uran ist der jüngste wirtschaftlich interessante industrielle Rohstoff. Erst mit der im Jahre 1938 erfolgten Entdeckung der Kernspaltung durch Hahn und Straßmann wurde es für militärische und energiewirtschaftliche Verwendungen erschlossen. In der Ausgabe um die Jahrhundertwende von Meyers Konversations-Lexikon heißt es, Uran sei allenfalls als Färbemittel für Porzellan und Glas von Interesse, vor allem das als Urangelb im Handel erhältliche, aus Uranpecherz (Pechblende) hergestellte Uranoxydnatron.

(2) Kaum ein anderer Rohstoff hat eine solche industrielle Revolution hervorgerufen wie das Uran. Eingesetzt in thermische Reaktoren, entspricht eine Tonne Natururan 15000 Tonnen Kohle oder 10000 Tonnen Öl (vgl. Abb. 65). Die Äquivalenzmenge liegt bei der Verwendung in Schnellen Reaktoren nochmals 60 mal höher. Es ist evident, daß dadurch die im Rahmen einer Rohstoff- und Energiewirtschaft auftretenden

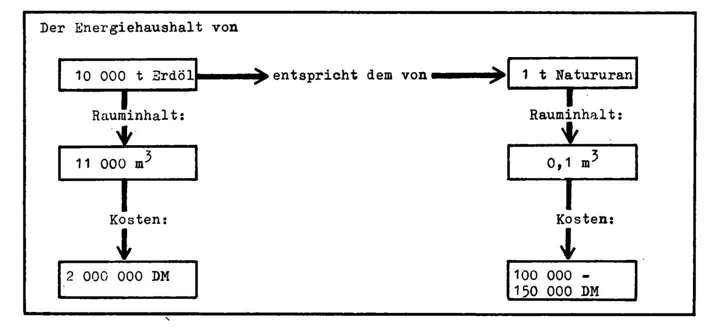


Abb. 65: Öl und Uran, ein Vergleich

Probleme des Transports, der Lagerung, der Handhabung und der Sicherheit der Versorgung gründlich verändert werden.

(3) Uran kennt nur zwei interessante Verwendungen: zur Energieerzeugung und zur Herstellung von Atombomben. Die USA und die UdSSR führen seit dem Atombombenstopp nur noch geringe Mengen der Waffenfertigung zu, Großbritannien hat die Bombenproduktion vollkommen eingestellt. Dagegen ist der Bedarf für friedliche Zwecke in den letzten Jahren sprunghaft angestiegen. Bis 2000 rechnet man mit einer jährlichen Steigerungsrate von etwa 10% (S. 563).

(4) Allein beim Uran ist es möglich, die Prospektion mit Strahlenmeßgeräten, selbst von Flugzeugen aus, vorzunehmen. Die Suche nach Uran ist auch noch in einer anderen Hinsicht eigentümlich: Sie wurde Ende der 50er Jahre weitgehend eingestellt. Erhebliche Vorräte an Uran, die ursprünglich für den militärischen Einsatz bestimmt waren, standen zu dieser Zeit für zivile Verwendungen zur Verfügung. Erst als erkannt war, daß die Kernenergieerzeugung wirtschaftlich zu werden verspricht, wurde Mitte der 60er Jahre die Prospektion zunächst zögernd und dann intensiver wieder aufgenommen.

(5) Uran, insbesondere in seiner angereicherten Form, ist wie kein anderer Rohstoff Reglementierungen unterworfen. Mit der Verarbeitung, der Anreicherung, der Lagerung, dem Verkauf der Verwendung, wie auch mit dem Transport und der Wiederaufarbeitung der abgebrannten Brennelemente und der Konditionierung und Endlagerung des hochradioaktiven Abfalls sind in den wichtigen Ländern staatliche Institutionen mit Hoheitsrechten und Monopolstellungen betraut: DOE (Department of Energy der Vereinigten Staaten), UKAEA (Atomic Energy Authority des Vereinigten Königreichs), CEA (Commissariat a l'Energie Atomique in Frankreich) usw. Internationale Abmachungen, insbesondere das USAEC-EURATOM-Agreement, und der Atomwaffensperrvertrag regeln weltweit Vertrieb, Bezug und Verwendung. Wegen des starken Engagements der Regierungen haben die langfristigen Planungen, um eine »regelmäßige und gerechte Versorgung mit Kernbrennstoffen« zu sichern (Artikel 2d des EURATOM-Vertrags), mehr als anderweitig amtlichen Charakter.

4.2 Die Versorgung mit Natururan und Thorium[2]

Voraussagen über die Entwicklung der Versorgung und der Preise auf dem Rohstoffgebiet sind in den letzten Jahren immer schwieriger geworden, weil die einigermaßen überschaubaren strukturellen Aspekte – die Entwicklung der Produktionskapazitäten und des Verbrauchs und, als »link« zwischen beiden, die auf wettbewerblicher Grundlage gebildeten Preise – immer mehr überdeckt oder gar verdrängt werden durch energiepolitische Interventionen. Das marktwirtschaftliche Konzept, so wie es die GATT-Ordnung und die Bretton-Woods-Ordnung verwirklichen wollen oder wollten, ist nur noch eingeschränkt wirksam und zunehmend gefährdet. Das ausgewogene Spiel der Marktkräfte, das im Wettbewerb zu einer optimalen Allokation der Produktionsmittel und zu einem Güteraustausch auf der Grundlage der komparativen Kosten führen soll, kommt wegen der folgenden Umstände nur noch begrenzt zum Zuge[3]:

- weil die Länder, bei denen die handelspolitischen Entscheidungen liegen, mit ihrer Beteiligung am Welthandel Ziele verwirklichen wollen, die von denen eines nach Wohlfahrtsmaximierung strebenden Handelspartners verschieden sind: Autarkie, Schonung der Ressourcen, politisch bedingte Präferenzen bei der Auswahl der Handelspartner usw.;
- weil – zunehmend – oligopolistische Markt- und Machtstrukturen sich herausbilden: politische und wirtschaftliche Blöcke, internationale Organisationen, Staatshandelssysteme, multinationale Gesellschaften, natürliche marktbeherrschende Stellungen, internationale Rohstoffkartelle usw.;
- weil die Voraussetzungen für ein reibungsloses Funktionieren des Welthandels immer mehr eingeschränkt werden: Verfall der Weltwährungsordnung, Zahlungsbilanzprobleme in vielen Ländern, die weltweite Inflation usw.

4.2.1 Der Uranbedarf

(1) Die Nachfrage nach Uran für friedliche Verwendungen wird durch den *Bedarf der Kernkraftwerke* bestimmt. Andere zukünftige Verwendungen sind zunächst schwer abzuschätzen.

[2] Vgl. dazu Erwin Gärtner, Uran, Glückauf, Essen 1977 und Frank Leschhorn, Der Weltmarkt für Natururan. Clausthal-Zellerfeld 1981.

[3] Vgl. dazu H. Michaelis, Europäische Rohstoffpolitik, Essen 1976.

Bedeutung können gewinnen: die Entsalzung von Meer- und Brackwasser, der nukleare Schiffsantrieb, unterirdische Kernexplosionen für friedliche Zwecke und die Anwendung nuklearer Wärme für chemische und metallurgische Zwecke, hier auch zur Reduktion von Eisenerzen (s. S. 502ff.).

In der Welt – ausgenommen die COMECON-Länder und die Volksrepublik China –, also in der »westlichen Welt«, wird sich nach der letzten verfügbaren Feststellung der Internationalen Atom-Energie-Agentur – IAEA – in Wien und der Agentur der OECD für Kernenergie – NEA – vom Dezember 1979 die *Gesamtleistung der installierten Kernkraftwerke* wie folgt entwickeln: Dabei wird jeweils unterschieden zwischen einem unteren Schätzwert »present trend« bzw. »low case« und einem oberen Schätzwert »accelerated« bzw. »high case« (vgl. S. 326).

(1970)	(14)	GWe
(1975)	(69)	GWe
(1977)	(87)	GWe
(1978)	(103)	GWe
1979	121–129	GWe
1980	144–159	GWe
1985	244–272	GWe
1990	374–460	GWe
2000	834–1207	GWe

Zwei Jahre vorher – im Dezember 1977 – wurden für 1990 noch 504 bis 700 GWe und für das Jahr 2000 noch 1000 bis 1890 GWe erwartet. Die neuerdings angegebenen oberen Schätzwerte liegen in der gleichen Größenordnung wie die zwei Jahre vorher genannten unteren Schätzwerte. In diesen Änderungen kommen die geringeren Wachstumserwartungen und die in einigen Ländern vorgenommenen Kürzungen der Kernenergieprogramme zum Ausdruck.

Die letzten mittleren Schätzwerte ergeben die folgenden durchschnittlichen Jahreszuwachsraten für die Kernstromerzeugung:

1970 bis 1975	37,8%	
1975 bis 1980	17,1%	1975–2000 11,4%
1980 bis 1985	11,1%	
1985 bis 1990	10,1%	
1990 bis 2000	9,4%	

Von der für 1990 vorausgesagten Kernkraftleistung der westlichen Welt von 374 bis 460 GWe werden auf die Vereinigten Staaten mehr als zwei Fünftel und auf die Europäische Gemeinschaft mehr als ein Drittel entfallen. Der zukünftige Bedarf an Natururan – und mehr noch an Trennarbeit für die Anreicherung – hängt davon ab, wie sich der Park an Kernkraftwerken nach Reaktortypen zusammensetzen wird. Hierauf bezogene Voraussagen sind zuverlässiger geworden, seitdem sich Leichtwasserkraftwerke industriell durchgesetzt haben, zuletzt auch in Frankreich. Großbritannien wird sich voraussichtlich auch der Leichtwasserlinie zuwenden. Ist das geschehen, so wird die einzige andere gegenwärtig schon industriell ausgereifte thermische Reaktorlinie, die Schwerwasserlinie, nur noch in Kanada und einigen anderen Ländern, so Indien, Pakistan, Südkorea und Argentinien vertreten sein.

(2) Nachdem sich die Zahl der Reaktorlinien und damit auch die Zahl der sinnvollen Reaktorstrategien derart verringert hat, kann der zukünftige Bedarf an Natururan zur Zeit durch die Beantwortung folgender Fragen bestimmt werden:

- Mit welchem Rhythmus wird sich die zu installierende nukleare Gesamtleistung entwickeln? Welche Betriebsstundenzahl wird sie jährlich erreichen?
- Wann werden die ersten Schnellen Brutreaktoren industriell reif sein? Konkret: Wann werden die Elektrizitätserzeuger erstmalig Brüterkraftwerke einzusetzen, die nicht mehr Prototypen sind?
- Werden bis dahin lediglich Leichtwasser-Kraftwerke oder daneben auch Hochtemperatur-Kraftwerke (U-Pu- oder Th-U_{233}-Zyklus) mit dem Potential einer Weiterentwicklung zu thermischen Brütern eingesetzt werden?

Den *spezifischen Uranverbrauch* der verschiedenen Reaktorlinien hat eine Arbeitsgruppe der IAEA/NEA festgestellt. Dabei ist für die in Übersicht 119 wiedergegebenen, Ende der 70er Jahre erreichten Richtwerte zu beachten, daß als Mengeneinheit das Kilogramm Uranmetallinhalt gewählt wurde. Ausgedrückt in pound (lb, 454 g) Urankonzentrat (Yellow Cake) U_3O_8 (1000 kg U_3O_8 enthalten 848 kg U), wie dies in den angelsächsischen Ländern üblich ist, ergeben sich 2,6 mal so hohe Beträge[4].

[4] Umrechnungsfaktoren:

	U	UF_6	U_3O_8
U	1,000	1,4789	1,1792
UF_6	0,6762	1,0000	0,7974
U_3O_8	0,8480	1,2541	1,0000

Übersicht 119: Uranbedarf der verschiedenen Reaktortypen Technologie der 70er und 80er Jahre

Soweit angereichertes Uran verwendet wird, sind die Mengen auf natürliches Uran zurückgerechnet worden. Sie schließen auch die auf Natururan zurückgerechneten Mengen an Uran ein, die bei der Anreicherung im Abfall, den »Tails«, verbleiben. Für diesen wurde ein Abreicherungsgrad – eine Abstreifkonzentration (Tails Assay) – von 0,25% angesetzt.

Reaktortyp	Inventare in kg U/MWe	laufender Verbrauch in kg U/MWe · a[a]
Magnox-Reaktoren GGR	918	306
Fortgeschrittene gasgekühlte Reaktoren AGR	498	204
Leichtwasser-Reaktoren[b] LWR	393	218
Schwerwasser-Reaktoren[c] HWR	145	170
Hochtemperatur-Reaktoren[d] HTR	256	88

[a] 1 MWe · a = 8,76 · 10^6 kWh
[b] Mittelwert aus 2/3 PWR und 1/3 BWR
[c] Natururan
[d] hoch angereichertes Uran (93%)

Quelle: ›Uranium. Resources, Production and Demand‹ der Nuclear Energy Agency (NEA) der OECD und der International Atomic Energy Agency (IAEA) vom Dezember 1977

(3) Die NEA/IAEA schätzt, daß zwischen dem Zeitpunkt, zu welchem über das Uranoxyd verfügt wird, und dem Zeitpunkt der Einbringung der Brennstoffelemente in den Reaktor 22 Monate verstreichen. Die auf der Grundlage dieser Daten sich ergebenden Schätzungen für den zukünftigen *Bedarf an natürlichem Uran* zeigt Übersicht 120. Alle diese Schätzungen sind insofern konservativ, als sie – abgesehen von Kanada und Großbritannien – nur mit recht geringen Anteilen von Nicht-LWR-Kraftwerken rechnen.

Unter der Voraussetzung eines in Zukunft störungsfreien Ausbaus der Kernenergie entfallen auf die Bundesrepublik Deutschland etwa 8 bis 10% der in Übersicht 120 angegebenen Mengen.

Übersicht 120: Der kumulierte Bedarf an Natururan in 1000 t Uranmetall

Anmerkung: Mengeneinheit in dieser und in den folgenden Übersichten ist die metrische Tonne Uranmetallinhalt. In short tons (907 kg) U_3O_8 ergeben sich jeweils um etwa 30% höhere Beträge.

	ohne Recycling		mit Recycling	
	niedere Schätzung	hohe Schätzung	niedere Schätzung[a]	hohe Schätzung[a]
1980–1990	499	617	447–454	561–568
1980–2000	1520	2080	1250–1280	1690–1783
1980–2015	4260	6810	2730–3370	3750–5400
1980–2025	6710	12040	3420–5180	4590–9240

[a] jeweils auch abhängig vom Umfang des Einsatzes von Schnellbrüter-Kraftwerken

Quelle: NEA und IAEA. ›Uranium. Resources, Production and Demand‹, Dezember 1979

4.2.2 Die Deckung des Uranbedarfs

4.2.2.1 Uranreserven

(1) Uran, ein chemisch dem Blei oder Gold ähnliches Schwermetall, hat unter den in der Natur vorkommenden Elementen die höchste Ordnungszahl, nämlich 92. Seine Dichte beträgt 19,04. Es schmilzt bei 1132° C. Die Erdrinde enthält durchschnittlich 3 g Uran je Tonne Gestein. Wird der schon Anfang der 60er Jahre von der USAEC eingeführte Richtwert von 10 US-$ je Pfund Urankonzentrat U_3O_8 (1 lb = 454 g) zugrundegelegt – der bis 1981 (1979/80) auf 30 bis 50 US-$/lb U_3O_8 oder 145 bis 240 DM/kg Uranmetall fortzuschreiben wäre –, so sind nach dem heutigen Stand der Technik nur Lagerstätten abbauwürdig, die im Durchschnitt mehr als 350 g Uran je Tonne Gestein enthalten. Wird Uran als Nebenprodukt gefördert, so sind auch noch Konzentrationen bis herunter zu 200 g Uran je Tonne Gestein rentabel. Das gilt vor allem für die miteinander verbundene Gold- und Uranförderung in Südafrika.

Die überwiegenden Mengen der bisher erschlossenen Uranreserven und der Hauptanteil der gegenwärtigen Uranförderung entfallen auf die vier bekannten großen »Uranprovinzen«:

den präkambrischen Schild in Kanada,

das Colorado-Plateau in den Vereinigten Staaten,

den »Rand« in Südafrika,
das »Herzynikum«, d.h. die europäischen Mittelgebirge.

Die kostengünstigen Lagerstätten für Uranerze sind an Konglomerate und Sandsteine, insbesondere des Mesozoikums und des Tertiärs, gebunden. Die Gangerzlagerstätten (z.B. im Erzgebirge), in denen zunächst die hauptsächlichen Uranreserven vermutet wurden, haben an Wichtigkeit verloren. Dagegen erlangten die sogenannten gangartigen Vorkommen (Imprägnations-Lagerstätten) in Kanada und Australien besondere Bedeutung.

(2) Nach der schon erwähnten Studie der NEA/IAEA von Dezember 1979 sind in der »westlichen Welt« die nachstehend genannten Mengen in den beiden Gewinnungskostenklassen unter 30 \$/lb U_3O_8 (80 \$/kg U) und 30 bis 50 \$/lb U_3O_8 (80 bis 130 \$/kg U) vorhanden (Mengen in 1000 t Uran) – s. Kasten[5,6,7]

[5] Im Dezember 1978 veröffentlichte die gleiche NEA/IAEA-Studiengruppe einen Bericht unter dem Titel »World Uranium Potential«, der, aufgegliedert auf die Kontinente, die zu Kosten von nicht mehr als 130 \$/kg U zusätzlichen *»vermuteten Uranvorräte«* (speculative Resources) der Welt ohne die kommunistischen Länder auf 6,6 bis 14,8 Mio t Uran veranschlagt. Diese Ressourcen, die zu den oben genannten 5,0 Mio t hinzutreten, sind Vorkommen, deren Vorhandensein in mit heutigen Mitteln abbaubarer Form auf der Basis indirekter Anzeichen und geologischer Extrapolationen vermutet wird. Ortsangaben zu solchen Vorkommen können nur generell mit Bezug auf bestimmte Regionen oder geologische Formationen erfolgen. Genannt werden daneben 15 Mio t möglicherweise gewinnbare Uranvorräte in Phosphaterzen, die als chemische Sedimente auf dem Meeresboden entstanden sind (marine phosphate deposits).

Das »Gesamtpotential« (Total Potential) – hinreichend gesicherte und geschätzte zusätzliche Reserven – der *kommunistischen Länder* (Osteuropa, UdSSR und VR China) wird von der Studiengruppe auf 3,3 bis 7,3 Mio t Uran veranschlagt.

[6] Im Gegensatz zu allen anderen festen mineralischen Rohstoffen besteht für Uran und Thorium – ausgehend von McKelvey Diagramm – ein international anerkanntes einheitliches Klassifikationssystem, das den Vorratschätzungen der OECD/NEA – IAEA zugrunde liegt. Danach wird unterschieden zwischen

- (Discovered) Reserves, gleichbedeutend mit Reasonable Assured Resources
- (Undiscovered) Estimated Additional Resources
- Speculative Resources.

Jede Kategorie wird weiter eingeteilt nach Gewinnungskosten-Klassen in Form globaler »forward costs« (zukünftiger Kosten). Die deutschsprachigen Bezeichnungen Ressourcen, Reserven und Vorräte sind weniger eindeutig abgegrenzt.

[7] Der unter der Gesamtverantwortung des Consultative Panel der Weltenergiekonferenz von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Hannover verfaßte und auf der 11. Weltenergiekonferenz im September 1980 in München vorgelegte Survey of Energy Resources nennt die folgenden Gesamtmengen für die »westliche Welt«:

Gewinnungskosten	unter 30 $	30–50 $	bis 50 $
hinreichend gesicherte Reserven (reasonably assured resources)	1850	740	2590
zusätzliche geschätzte Reserven (estimated additional resources)	1480	970	2450
zusammen	3330	1710	5040

Diese Ressourcen beider Gewinnungskosten-Klassen verteilen sich wie folgt (die kommunistischen Länder sind nicht berücksichtigt):

	hinreichend gesicherte Reserven	zusätzliche geschätzte Reserven
Vereinigte Staaten	27%	47%
Kanada	9%	30%
Südafrika einschl. Namibia	20%	8%
Australien	12%	2%
Schweden	12%	–
Europäische Gemeinschaft (fast ausschließlich Frankreich u. Grönland)	3%	3%
Mittelafrika (Gabun, Niger und Zentralafrikanische Republik)	8%	2%
alle übrigen Länder der »westlichen Welt«	9%	8%

Die Uranvorkommen sind somit geographisch ganz anders verteilt als die Ölvorkommen. Die Konzentration der Hauptreserven auf westliche Industrieländer, mit welchen seit jeher ausgeglichene Handelsbeziehungen bestehen, gibt einen vergleichsweise hohen Grad an Versorgungssicherheit.

Inzwischen haben Brasilien, Kanada und Südafrika ihre Schätzungen nach oben revidiert. Beachtlich sind weitere in Australien entdeckte Vorkommen. Gleichfalls noch nicht berücksichtigt sind zahlreiche Vorkommen in Südamerika, insbesondere die zusätzlichen Vorräte in den inzwischen in den bra-

• sicher gewinnbare Uran-Ressourcen	
bis zu 80 $/kg U	1,86 Mio t
80 bis 130 $/kg U	0,74 Mio t
• geschätzte zusätzliche Uran-Ressourcen	
bis zu 80 $/kg U	1,58 Mio t
80 bis 130 $/kg U	0,98 Mio t
• insgesamt	5,16 Mio t

silianischen Bundesstaaten Ceara (Itataia) und Minas Gerais (Pocos de Caldas) sowie Parana (Figueira) entdeckten Lagerstätten: nach jüngsten Feststellungen verfügt Brasilien über 126000 t sichere und über 89300 t zusätzliche wahrscheinliche Vorräte. In allerjüngster Zeit wurde in Frankreich ein Vorkommen von etwa 20000 t entdeckt. Dagegen sind die interessanten Vorkommen der 40er Jahre in der Tschechoslowakei (Joachimsthal) und im Kongo (Katanga) weitgehend erschöpft.

Aufschlußreich ist die stetige Erhöhung der Schätzwerte der Uranressourcen der »westlichen Welt« (s. Übersicht 121), wobei zu bedenken ist, daß nur in wenigen Ländern Prospektionsarbeiten zur Erschließung von Uranressourcen der Gewinnungskostenklasse 30 bis 50 \$/lb U_3O_8 durchgeführt wurden.

(3) Laut Bericht der NEA/IAEA vom Dezember 1979 verfügt die Bundesrepublik Deutschland nur über geringe, zu wirtschaftlichen Bedingungen abbaufähige Vorräte in einem Gesamtumfang von 11000 t bis 30 \$ (davon 4000 t »sicher« und

Übersicht 121: Änderungen der Schätzwerte der Uranressourcen der »westlichen Welt« nach den Berichten der NEA der OECD und der IAEA (Angaben in 1000 t Uran)

Bericht vom	Preis- bzw. Kostenklasse[a] bis 10/15/30 \$ sicher	bis 10/15/30 \$ zusätzl.	10/15/30 15/30/50 \$ sicher	10/15/30 15/30/50 \$ zusätzl.
August 1965	494	520	526	387
Dezember 1967	579	465	467	355
September 1970	645	677	576	508
August 1973	866	916	680	632
Dezember 1975	1080	1000	730	680
Dezember 1977	1650	1510	540	590
Dezember 1979	1850	1480	740	970

Jahresdurchschnittliche Wachstumsrate August 1965 bis Dezember 1979 der sicheren und der zusätzlichen Uranressourcen in der »westlichen Welt«, die zu Kosten bis 15/30/50 US-\$/lb U_3O_8 gewonnen werden können: 6,9%.

[a] Die bis 1973 ausgewiesenen Preisklassen »bis 10 \$« und »10–15 \$« wurden mit den bis 1975 eingeführten Gewinnungskostenklassen »bis 15 \$« und »15–30 \$« identifiziert. Dies entspricht, wie der Bericht vom Dezember 1975 ausdrücklich feststellt, der seitherigen Kosten- und Preisentwicklung. In den Berichten vom Dezember 1977 und vom Dezember 1979 wird zwischen den beiden Gewinnungskostenklassen »bis 30 \$« und »30 bis 50 \$« unterschieden. Trotz der nicht unerheblichen Kostensteigerungen sind diese beiden neuen Klassen mit den beiden früheren Klassen nicht vollständig vergleichbar.

7000 t »wahrscheinlich«) und weiteren 1000 t zwischen 30 und 50 $ (davon je 500 t »sicher« und »wahrscheinlich«). Im ganzen sind dies weniger als 0,3% der Gesamtvorräte der westlichen Welt. Die deutschen Vorkommen liegen im Bayerischen Wald (Tirschenreuth, Mähring), in Rheinland-Pfalz (Grube mit der Versuchsaufbereitungsanlage Ellweiler) sowie vor allem in Baden-Württemberg, hier insbesondere das von der Saarberg-Interplan Ende 1975 nachgewiesene Vorkommen Müllenbach im Murgtal (Nordschwarzwald) mit (nach neueren Untersuchungen) 1700 t sicheren und 2300 t zusätzlichen geschätzten Vorräten[8]. Die interessante, von der Gewerkschaft Brunhilde erschlossene Uranlagerstätte von Menzenschwand südlich des Feldbergs im Schwarzwald mit – gemäß neueren Untersuchungen – 850 t sicheren und 2000 t zusätzlichen geschätzten Vorräten wird wegen des Widerspruchs der Naturschutzbehörde zur Zeit nicht abgebaut. An diesem Orte wurde aber ein Kurzentrum geschaffen, das die von dieser Lagerstätte ausgehenden Strahlen für Heilzwecke nutzt[9].

4.2.2.2 Bedarf und Reserven an Uran

Wie die oben genannten Daten erkennen lassen, reichen die zur Zeit nachgewiesenen sicheren Vorräte der »westlichen Welt« von rund 2,6 Mio t Uranmetall aus, um den Bedarf dieses Teils der Welt bis in das nächste Jahrhundert hinein zu decken (bis 2000 zwischen 1,3 und 2,1 Mio t Uranmetall). Die begrenzte Reichweite der zur Zeit erschlossenen sicheren Uranreserven gibt keinen Anlaß, zu befürchten, daß danach mit einer Uranknappheit zu rechnen ist[10]. Deutlich bringt dies der Bericht der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe Hannover über die regionale Verteilung der Weltbergbauproduktion vom Januar 1975 zum Ausdruck. Dort heißt es (S. 25): »Hinsichtlich

[8] Nach einer neueren Feststellung des baden-württembergischen Wirtschaftsministeriums: 10000 t anstelle der oben angegebenen 4000 t; 10000 t entsprechen 100 Mio t SKE bei Einsatz in LWR.

[9] Inzwischen wurde auch der Abbau von Uranerzen in begrenztem Umfang wieder zugelassen; die Schürfarbeiten zur Erforschung der Lagerstätte wurden wieder aufgenommen; der Kurbetrieb hat sich nicht rentiert.

[10] Für die unterschiedliche Einstellung zur Kernenergie sind die Überschriften der Meldungen der überregionalen Tageszeitungen zum NEA/IAEA-Bericht vom Dezember 1977 kennzeichnend:
- Frankfurter Allgemeine Zeitung: »bis 1985 weniger Kernkraft als erwartet«
- Die Welt: »Engpässe in der Uranversorgung erst zur Jahrhundertwende«
- Süddeutsche Zeitung: »Uran – Weltvorräte haben sich erhöht«
- Frankfurter Rundschau: »Nur begrenzte Uranreserven«.

der Höhe der Rohstoffreserven muß eindringlich darauf hingewiesen werden, daß außer den genannten sicheren und wahrscheinlichen Vorräten derzeit bei den meisten Rohstoffen potentielle Ressourcen bekannt sind, die größenordnungsmäßig zumindest den sicheren und wahrscheinlichen Vorräten entsprechen. Darüber hinaus ist in den Höffigkeitsgebieten der Erde mit weiteren Neufunden zu rechnen, die zwar regional sehr unterschiedlich erfolgen werden, insgesamt jedoch in einem Ausmaß zu erwarten sind, daß auch auf längere Sicht keine Erschöpfung der Rohstoffreserven befürchtet werden muß. Das jeweilige Vorratsniveau wird auch langfristig im wesentlichen eine Funktion der Explorationsintensität und der hierfür eingesetzten finanziellen Mittel bleiben.«

Tatsächlich hat sich die Zeit, für die die erschlossenen Reserven zur Versorgung ausreichen, in der Vergangenheit sogar verlängert. Hinzu kommt, daß die Steigerungsrate des Uranbedarfs mittelfristig mit der Verbesserung der Leichtwassertechnologie und langfristig mit dem Einsatz von Brutreaktoren sinken wird. Schließlich ist zu berücksichtigen, daß technologische Verbesserungen der Abbau- und Aufbereitungsverfahren und der Übergang zu größeren und damit wirtschaftlicheren Fördereinheiten erlauben werden, zu den gleichen Richtbeträgen für die Förderkosten (bis zu 30 US-$/lb Konzentrat) auch zur Zeit nicht abbauwürdige ärmere Vorkommen auszubeuten. Der Umfang der nach gegenwärtigen Technologien zu Förderkosten zwischen 30 und 50 US-$/lb abbaubaren Uranreserven ist ein Mehrfaches der Reserven mit Förderkosten bis zu 30 US-$/lb, wenngleich in dieser oberen Förderkostenzone bisher erst vergleichsweise geringe Mengen durch Prospektions- und Explorations-Arbeiten erschlossen wurden. Dies gilt für jede der beiden Kategorien: die »hinreichend gesicherten« und die »geschätzten weiteren Reserven«.

Unter dieser Hypothese ist es nicht erforderlich, auf die praktisch nicht begrenzten Vorräte an Uran im Meerwasser ($4{,}2 \cdot 10^9$ t Uranmetall, d. i. mehr als das 2200-fache der gesicherten Reserven zu unter 30 US-$/lb U_3O_8) zurückzugreifen. Dieses Uran kann allerdings nur zu vergleichsweise hohen Kosten gewonnen werden – Schätzungen gehen bis 500 US-$/lb U_3O_8 und noch weiter. (Um 1 kg Uran zu gewinnen, müssen etwa 300 000 m^3 Seewasser verarbeitet werden.)[11]

[11] Nach einem Aufsatz von K. Saito (Nucl. Eng. Int. June 1980) plant man in Japan eine Versuchsanlage, in der ab 1984 jährlich etwa 10 kg Uran aus Meerwas-

Die Uranerzbergbau-GmbH hat im Auftrag des Bundesministerium für Forschung und Technologie in den letzten Jahren eine Technologie zur Uranextraktion aus Meerwasser entwikkelt. Diese besteht darin, daß in halbtauchenden Einheiten mit horizontal weitausladenden Adsorberbetten fluidisierte Adsorptionsstoffe von Meerwasser durchspült werden und dessen Urangehalt aufnehmen. Das Verfahren, das sich noch im Labormaßstab befindet und umfangreiche weitere halbtechnische Versuche erfordern wird, könnte im Erfolgsfall in Meeresströmungen angewandt werden, die den größten Teil der Prozeßenergie liefern.

4.2.2.3 Förderkapazitäten und Prospektion

So wenig zu befürchten ist, daß in naher und mittlerer Zukunft Uran knapp wird, so sehr ist doch vorzusorgen, daß auch genügend Uran gefördert und bereitgestellt wird. Dabei ist zu beachten, daß der Uranbedarf 1980 bis 2000 jährlich um etwa 8% steigen wird und – wie ausgeführt wurde – zwischen dem Zeitpunkt, in welchem das Uran die Aufbereitungsanlage verläßt, und dem Zeitpunkt, in welchem es in den Reaktor eingesetzt wird, knapp zwei Jahre vergehen. Die Produktionskapazität muß sich danach richten.

1979 wurden in der »westlichen Welt« bei einer Förderkapazität von rund 43900 t/a (USA 43%, Kanada 16%, Südafrika und Namibia 20%, Frankreich 7%, Niger 8%) insgesamt etwa 38100 t gefördert (1980: 41200 t, davon USA 35%, Kanada 18%, Südafrika einschl. Namibia 24%, Gabun 2%, Niger 10%, Australien 4% und westeuropäische Länder 6%). Die Nachfrage wird bis 1990 auf 56000 bis 88000 t/a ansteigen. Um den wachsenden Bedarf zu decken, muß die Förderkapazität weiter ausgebaut werden. Nach den Planungsdaten des Jahres 1979 ist für 1985 eine Kapazität von 98000 t/a projektiert. 119000 t/a können nach diesen Planungen erreicht werden[12]. Am schnell-

ser gewonnen werden sollen – dies als erster Schritt auf dem Wege zu einer Großanlage mit 3000 jato Uran. Die Anlage separiert Uranoxid aus Meerwasser durch Adsorption an Titanhydroxid in Verbindung mit Kunstharz. Sodann wird das Uran als Lösung mit Natriumcarbonat extrahiert. Die Kosten dieses Verfahrens sollen etwa fünfmal so hoch liegen wie die des gegenwärtigen Abbaus von Uran.

[12] In seinem Bericht »The Balance of Supply and Demand« vom Oktober 1979 schätzt das »Uranium Institute«, daß die »westliche Welt« 1980 36000 ± 8000 t und 1990 87000 ± 12000 t Uran verbrauchen wird. In der gleichen Zeit könne die Produktion von 44000 t auf 87000 t Uran p. a. gesteigert werden. Angesichts

sten werden die Fördermöglichkeiten in Australien ausgebaut werden. Allein auf der Grundlage der jetzt schon bekannten Reserven rechnet man dort für 1990 mit einer Förderkapazität von 20000 jato U, zu vergleichen mit 600 jato U in 1979.

Ein auf neueren Daten beruhender, vom Kernforschungszentrum Karlsruhe vorgenommener Vergleich der Anteile der Kernenergieleistungen, der Förderkapazitäten und der Uranvorräte wichtiger Länder an den Gesamtmengen der »westlichen Welt« (s. Kasten) zeigt, daß auf absehbare Zeit nur Kanada, Australien und einige Länder Afrikas unter Einschluß von Südafrika größere Mengen an Uran werden exportieren können. Schon aus diesem Grunde können Vereinbarungen über Liefersperren oder Lieferbegrenzungen nicht ausgeschlossen werden.

	Kernenergieleistung	Uranförderkapazität	Uranvorräte
USA	41%	39%	43%
Kanada	4%	14%	18%
Afrika	–	26%	21%
Australien	–	13%	11%
Westeuropa	38%	6%	3%
Japan	10%	0%	0%
Rest »westl. Welt«	7%	2%	4%
	100%	100%	100%

Die seit Mitte der 50er Jahre stark eingeschränkte Prospektion wurde erst Mitte der 60er Jahre zunächst zögernd, dann aber intensiv wieder aufgenommen. Allein zwischen 1968 und 1971 wurden in den USA rund 30 Millionen Bohrmeter niedergebracht. Offiziell wird festgestellt, daß die Ergebnisse der vor allem in den Vereinigten Staaten, Kanada, Australien und Afrika seit 1966 unternommenen Schürfungen Anlaß geben, die auf mittlere Sicht zur Verfügung stehenden Reserven optimistisch zu beurteilen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß zwischen Prospektion und Abbau acht bis zehn Jahre verstreichen. Vorsorge treffen für die 90er Jahre heißt also, jetzt mit der Prospektion beginnen.

der vorhandenen Reserven wird eine Produktionssteigerung bis zu 108000 t U/a für erreichbar gehalten. Der stock pile der »westlichen Welt« wird auf 100000 t Uran veranschlagt.

4.2.2.4 Anstrengungen zur Sicherung der Versorgung mit Natururan

(1) Als sich in der ersten Hälfte der 60er Jahre abzeichnete, daß die Kernenergie einen wichtigen Beitrag zur Energieversorgung leisten kann, wurde vielerorts die Befürchtung laut, es stehe nicht genügend Uran zur Verfügung. In Ländern, die wie die Bundesrepublik Deutschland über nur geringe eigene Vorkommen verfügen, kam die Sorge hinzu, beim Bezug von Uran in ähnlicher Weise von der in den Lieferländern praktizierten Absatz- und Preispolitik abhängig zu werden, wie das beim Öl der Fall war und ist. So sind die in der zweiten Hälfte der 60er Jahre in aller Welt zumeist mit finanzieller Unterstützung der Regierungen unternommenen Anstrengungen zu verstehen, die Prospektion und die Förderung von Uran zu entwickeln und sich den Zugang zu Versorgungsquellen jenseits der Grenzen zu sichern. Diese Anstrengungen hatten einen solchen Erfolg, daß der Preis für das Konzentrat, der für kurz- und mittelfristige Kontrakte in der Mitte der 60er Jahre zwischen 8 und 10 US-$/lb lag, bis Anfang der 70er Jahre auf 6 US-$/lb und noch darunter gefallen ist. Nicht zu Unrecht klagten die Erzeuger damals, daß die Preise die Kosten nicht decken und die gebotene Fortführung der Prospektion wie auch der Ausbau der Produktionskapazitäten in Frage gestellt sei.

(2) Wie die übrigen Rohstoffmärkte, so ist auch der Uran-Markt seit 1973 in Bewegung geraten. Auf Ausschreibungen gingen zeitweilig kaum noch Angebote ein.

Kanadische und südafrikanische Anbieter forderten für Lieferungen ab 1980 Preise von zunächst (1973–74) 10 bis 12 und sodann (1974–75) 15 bis 25 US-$/lb U_3O_8 Preisbasis Zeitpunkt des Kontraktabschlusses mit einer Gleitklausel nach Löhnen und Materialkosten, die 75% des Preises betrifft, und zugleich zinsfreie Anzahlungen. Das führte zu den Preisen von 30 US-$/lb U_3O_8 und selbst mehr.

Die noch 1979 genannten Preise um 40 $ und gelegentlich noch mehr (bis zu 45 $) betrafen vor allem spot-Lieferungen kleinerer Mengen, kontraktiert bei panikartigen Vorsorgekäufen. Bis zum Sommer 1980 ist dieser spot-Preis auf etwa 32 $ und seitdem weiter – unter 30 $ – zurückgefallen. (Die EURATOM-Versorgungsagentur nennt für Gesamtheit der spot-Verträge des Jahres 1980 einen Durchschnittspreis von 35 $.). Für August 1981 nennt die NUKEM spot-Preise zwischen 23,50 und 25,50 $.

Langfristige Lieferverträge werden im allgemeinen auf der Grundlage der Weltmarktpreise abgeschlossen, nach unten begrenzt durch einen Minimumpreis, der dem Produzenten die Amortisation seiner Investitionen garantiert. Soweit bekannt, sind Verbraucher in der Europäischen Gemeinschaft bis 1975 keinerlei langfristige Verträge eingegangen, deren Preis wesentlich über 30 $ liegt. Das Preisniveau für die neuerdings von Verbrauchern abgeschlossenen langfristigen Verträge liegt für die 80er Jahre in einer Größenordnung von 30 $ Preis- und Kostenbasis 1980/81. Bei alledem ist zu bedenken, daß die Gewinnungskosten der in Betrieb befindlichen Urangruben bei 18 US-$/lb U_3O_8 liegen. Unter Einschluß der Kosten für die künftige Prospektion und eines angemessenen Gewinns dürfte ein Preis zwischen 25 und 30 (1980/81 er) $ – voll kostendeckend sein (vgl. S. 406).

Die Aufwärtsentwicklung der Uranpreise ist inzwischen zum Abschluß gekommen. Die EURATOM-Versorgungsagentur stellte in ihren letzten Jahresberichten fest, daß der Natururanmarkt im Jahre 1978 einen relativ ruhigen Verlauf zeigte und die Versorgungslage im Jahre 1979 zufriedenstellend war. Die den Bedarf voll deckenden Verträge liefen im Schnitt bis Mitte der 80er Jahre. Im gewogenen Mittel erreichte 1980 der Preis aller nicht-spot-Lieferungen in die EG-Mitgliedstaaten 36 $. Nach dem »Survey of US Uranium Marketing Activity« des DOE für das Jahr 1978 und auch für das Jahr 1979 lag in diesen beiden Jahren der durchschnittliche Preis aller Uranlieferungen in den USA bei 21,60 $/lb U_3O_8 gegen 19,75 $ in 1977. Dem oben genannten Preis von 36 $ für Lieferungen in die EG entspricht für das gleiche Jahr 1980 ein durchschnittlicher Preis in den USA von 26 $. Amerikanische Elektrizitätserzeuger werden somit preisgünstiger mit Uran versorgt als europäische.

Eines der bedeutendsten Kernenergieunternehmen, die Westinghouse Electric Corp., die mit ihren Reaktorkunden weitreichende Uranversorgungsverträge zu durchschnittlich 9,50 $/lb U_3O_8 abgeschlossen hatte, wurde durch die Preissteigerung von 6 bis 8 auf 25 bis 30 US-$/lb U_3O_8 überrascht. Diesem Unternehmen ist es nur unter großen Opfern (man spricht von 1 Mrd $) gelungen, von seinen Lieferverpflichtungen wenigstens teilweise freizukommen. In einem Kartellverfahren, das Westinghouse gegen insgesamt 29 US-amerikanische und andere Uranproduzenten wegen Preisabsprachen und Preismanipulationen angestrengt hatte, kam es zu mehreren Vergleichen, die West-

inghouse Barabfindungen in Höhe von über 100 Mio $, verschiedene andere Entschädigungen und das Recht zum Bezuge von etwa 9000 t Uran zu Vorzugspreisen einbrachten.

In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß 16 Uranproduzenten aus Australien, Kanada, Südafrika, Frankreich und Italien (nicht aber aus den USA) am 12. Juni 1975 eine Produzentenvereinigung, das Uranium Institute Inc., in London gegründet haben. Dieses Institut, das etwa 60% der Uranreserven der westlichen Welt abdeckt, soll dem Erfahrungsaustausch zwischen den Produzenten dienen, nicht aber eine Abstimmung über die Preise herbeiführen. Inzwischen sind diesem Institut auch Uran-Verbraucher, z.B. das RWE, beigetreten.

(3) Die Preisbewegungen auf dem Weltmarkt hatten Anlaß zu Besorgnis um die mittel- und langfristige Preisentwicklung gegeben. Der Verfasser teilt aber mit vielen Sachverständigen die Auffassung, daß die voraussichtliche Entwicklung von Angebot und Nachfrage auf dem Uranmarkt und die Struktur dieses Marktes eher für ein Preisniveau sprechen, das in der Nähe der Produktionskosten liegt. Diese werden entsprechend der weltweiten Geldentwertung steigen. Nach dieser Hypothese könnte die beschleunigte Entwicklung von Schnellen Brutreaktoren nicht mehr allein mit mittelfristig steigenden Uranpreisen gerechtfertigt werden (vgl. S. 406).

(4) Auch deutsche Unternehmen haben sich mit Erfolg um die Sicherung der Uranversorgung bemüht. Die Urangesellschaft mbH, Frankfurt/M., der als Gesellschafter die Metallgesellschaft, die VEBA (Hibernia) und die STEAG angehören, fördert Uran im Niger. Die Exploration konzentriert sich vornehmlich auf Kanada (Nordwest-Territorium), Brasilien (Nordost) sowie Australien (West-Australien und Nord-Territorium). Die von den Firmen C. Deilmann und Rheinbraun gegründete Uranerzbergbau GmbH, Bonn, ist außer in der Bundesrepublik Deutschland in Kanada, den Vereinigten Staaten, Australien, Tansania, Somalia und der Schweiz tätig. Uranprospektion betreiben außerdem die Saarberg-Interplan, Gesellschaft für Rohstoff-, Energie- und Ingenieurtechnik, ein Tochterunternehmen der Saarbergwerke, Saarbrücken, und die Gewerkschaft Brunhilde in Uetze/Hannover.

Bereits Anfang der 70er Jahre beteiligte sich die Uranerzbergbau GmbH, Bonn, zusammen mit der amerikanischen Gulf Oil Corp. an der Erschließung des Vorkommens Rabbit Lake in der Provinz Saskatchewan. Die Produktion wurde inzwischen auf-

genommen. Die gleiche Gesellschaft errang im Jahr 1975 einen großen Prospektionserfolg mit ihrem Fund Key Lake, gleichfalls in der kanadischen Provinz Saskatchewan. Ihre kanadische Tochtergesellschaft Uranerz Exploration and Mining Limited entdeckte ein Vorkommen, welches schon jetzt zu den reichsten Lagerstätten der Welt gehört. Gegenwärtig werden die Vorräte auf mehr als 40000 t U veranschlagt. Der deutsche Anteil an diesem Vorkommen beträgt ein Drittel und würde ab 1983 eine Produktion von rd. 1500 t U (und später 3850 t U) jährlich erlauben. Ein weiteres Vorkommen – Maurice Bay – entdeckte die Uranerz Exploration and Mining Limited in Nordsaskatchewan in der Nähe der Grenze zu der Provinz Alberta. Über die Größe des Lagerstätteninhaltes kann man zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch keine Angaben machen. Sie könnte Folgebetrieb von Key Lake werden. Die Urangesellschaft mbH & Co. KG, Frankfurt/M. ist mit 10% beteiligt an der Lagerstätte Yeelirrie in Westaustralien (bisher 36000 t nachgewiesen) und mit 6,5% an der in Betrieb befindlichen Grube Arlit in Niger (30000 t). Zusammen mit der brasilianischen Nuclebras erschließt die gemeinsame Tochtergesellschaft Nuclam Uranvorkommen in Brasilien. In Australien steht eine Beteiligung am Großvorkommen Ranger im Alligator-River-Gebiet des Nord-Territoriums (zusammen mit drei weiteren Lagerstätten befinden sich dort insgesamt über 300000 t U) vor dem Abschluß. An diesem Vorkommen mit etwa 90000 t U will sich auch die Saarberg-Interplan beteiligen.

Welche Bedeutung dieser Tätigkeit zukommt, ergibt sich daraus, daß der deutsche Natururanbedarf aufgrund der Beteiligung an je einer Uranlagerstätte in der Republik Niger und in Kanada bis Ende der 70er Jahre zu mehr als der Hälfte gedeckt werden könnte.

Die Grundlagen für die Unterstützung dieser Anstrengungen aus öffentlichen Mitteln lieferten die vier deutschen Atomprogramme, in deren Rahmen zwischen 1958 und 1976 Bundesmittel in Höhe von zusammen rund 200 Mio DM ausgegeben wurden. Weitere rund 100 Mio DM sind für diese Zwecke im Programm Energieforschung und Energietechnologien 1977 bis 1980 vorgesehen. Die Aktivitäten werden – übrigens abnehmend – finanziell gefördert, um zu erreichen, daß der deutsche Bedarf an Uran auch über 1980 hinaus zu 60% aus eigenen oder teileigenen Lagerstätten, im übrigen durch Kauf auf dem Weltmarkt gedeckt werden soll. Tatsächlich ist die Deckung des

Natururanbedarfs der deutschen Elektrizitätswirtschaft bis zum Jahre 1988 zu etwa 60% durch Beteiligungen an ausländischen Vorkommen gesichert. Dabei sind die deutschen Anteile sowohl an produzierenden Gruben als auch an den Projekten Key Lake in Kanada und Yeelirrie in Australien berücksichtigt.

4.2.2.5 Zusammenfassende Wertung

(1) Als Ergebnis kann dreierlei festgehalten werden:

(a) Aufgrund der gegebenen Reservesituation ist mit einer *Verknappung* des Uranangebots sicherlich *nicht* vor dem Jahr 2000 *zu rechnen.* Das gilt auch für die Folgezeit, wenn die Prospektion im gebotenen Umfang fortgesetzt wird. Dann kann auf mittlere und längere Sicht mit einem Preis gerechnet werden, der in der Nähe von 35 US-$ je Pfund Urankonzentrat zuzüglich der vornehmlich durch die Geldentwertung bedingten Kostensteigerung liegt, möglicherweise auch nicht unwesentlich niedriger. Unter Berücksichtigung der wegen fehlender Absatzmöglichkeiten noch nicht erschlossenen, bei dem Kostenvorsprung der Kernenergie aber ohne Gefährdung der Wirtschaftlichkeit verwendbaren Arm-Erze und unter Berücksichtigung eines möglichen Übergangs auf Brüterkraftwerke kann nach vernünftiger Voraussicht eine Uranverknappung wegen unzureichender Vorräte ausgeschlossen werden.

(b) Lieferengpässe werden nicht ausbleiben, wenn *Produktionskapazitäten* verzögert oder unzureichend *ausgebaut* werden. Die europäischen Länder, auch die Bundesrepublik Deutschland, sind überwiegend *auf Einfuhren angewiesen.* Zur Sicherung der Uranversorgung ist daher erwünscht, Uranvorkommen in Übersee zu erwerben, sich an solchen Vorkommen zu beteiligen oder langfristige Kontrakte über die Belieferung mit Uran abzuschließen. Die Deckung des zukünftigen deutschen Importbedarfs ist mit einer Menge von etwa 26 000 t Uran vertraglich abgesichert. Auf dieser Grundlage kann der Bedarf bis 1985 in vollem Umfange und der weitere Bedarf bis Mitte der 90er Jahre noch teilweise gedeckt werden.

(c) Es ist nicht auszuschließen, daß Urannachfragern in Ländern, die über keinerlei oder nur unzureichende Vorräte verfügen, die *Belieferung aus politischen Gründen verweigert* oder von unzumutbaren Auflagen abhängig gemacht wird. Zu dieser erst in den letzten Jahren erkannten Gefährdung der Uranversorgung nachstehend einige Ausführungen.

(2) So wenig in Frage stehen dürfte, daß die zu tragbaren

Kosten gewinnbaren Vorräte an Uran für den wachsenden Bedarf ausreichen werden, so problematisch ist es in den letzten Jahren geworden, ob die Bundesrepublik Deutschland und andere uranarme Länder zu diesen Vorräten auch *Zugang* haben. Mit den in anderen Kapiteln dieses Buches behandelten Zielen, die Verbreitung von Kernwaffen durch zusätzliche Sicherungsmaßnahmen zu erschweren, haben wichtige Uranländer ihre Lieferungen in die Länder der Europäischen Gemeinschaft oder auch an Japan von kaum zu erfüllenden Auflagen abhängig gemacht, was die Wiederaufbereitung oder Reexporte in jederlei Gestalt betrifft. Nach der mißbräuchlichen Nutzung kanadischen Urans durch Indien hatte Kanada die Uranausfuhren in Länder, die den verschärften kanadischen Sicherheitsvorschriften durch entsprechende Klauseln in Verträgen nicht voll entsprechen wollten, mit Wirkung vom 1. Januar 1977 blockiert. Betroffen war hierdurch auch die Europäische Gemeinschaft als Ganzes. Die australische Bundesregierung hat aus innerpolitischen Gründen während längerer Zeit keinerlei Mining-Permits erteilt, da große Teile der Öffentlichkeit gegen eine Vermarktung sind. Die von der Regierung seinerzeit beauftragte Untersuchungskommission unter der Leitung von Justice Fox vom Supreme Court in Canberra ist in ihrem Bericht zu der Erkenntnis gelangt, daß die Risiken im Uranbergbau (ebenso wie die Risiken des Betriebs von Kernkraftwerken) nicht so groß sind, als daß sie eine Entscheidung gegen eine Ausbeutung der Uranlagerstätten rechtfertigen könnten. Es wurde aber hinzugefügt, die Kernkraftwirtschaft trage unbeabsichtigt dazu bei, das Risiko eines atomaren Krieges zu erhöhen. Was im Hinblick auf die nationale Sicherheit und die internationalen Beziehungen Australiens zu unternehmen sei, könne nur das Parlament entscheiden.

Die Differenzen mit Kanada und mit Australien konnten inzwischen für alle Beteiligten zufriedenstellend geregelt werden. Wie sehr sich das Klima verbessert hat, zeigt die Erklärung des australischen Rohstoff- und Außenhandelsministers D. Anthony vom Juli 1979, ausländische Unternehmen könnten sich an der Uranprospektion in stärkerem Umfange als bis dahin beteiligen, wenn die erforderlichen Finanzierungsmittel zur Verfügung gestellt werden[13]. Zur gleichen Zeit wies der australische

[13] Inzwischen wurden zwischen einem australischen Konsortium und dem RWE, der Urangesellschaft und der Saarberg-Interplan Lieferverträge über 20000 short tons U_3O_8 (etwa 15000 t U) abgeschlossen. Die Lieferungen wurden

Ministerpräsident M. Fraser die Forderung des australischen Gewerkschaftsbundes ACTU nachdrücklich zurück, den Abbau und den Export von Uran aus den reichen Vorkommen Ranger und Nabarlek weiterhin zu verbieten.

Der Verfasser hofft zuversichtlich, daß die zeitweilig restriktive Haltung von Kanada und Australien Episode bleibt. Es wäre auch nicht einzusehen, wie diese beiden Länder es für vereinbar hielten, einmal auf der im Mai 1977 zu Ende gegangenen Konferenz über wirtschaftliche und technische Zusammenarbeit – dem Nord-Süd-Dialog – die Ölländer aufzufordern, ihre Lieferungen auch in einer weltpolitischen Krisensituation nicht zu unterbrechen, und andererseits ihre vertraglich vereinbarten Uranlieferungen an Länder wie die Bundesrepublik zu blockieren – ungeachtet der nicht bestrittenen Einhaltung aller Vorschriften des Atomwaffensperrvertrages. Es kann aber nicht ausgeschlossen werden, daß auch in Zukunft Liefereinschränkungen angedroht oder auch eingeführt werden, um auf die Abnehmer Druck auszuüben, damit diese zusätzliche Maßnahmen einführen, um die Gefahr einer Verbreitung von Kernwaffen weiter zu vermindern.

Das Weltwirtschafts-Gipfeltreffen im Juli 1978 in Bonn hat die Befürchtung einer Unterbrechung der Lieferung von Uran in die Länder der Europäischen Gemeinschaft vermindert. In Ziffer 11 der gemeinsamen Erklärung der Staats- und Regierungschefs vom 17. Juli 1978 heißt es: »Die weitere Entwicklung der Kernenergie ist unerläßlich und die bei der Durchführung der Kernkraftprogramme eingetretene rückläufige Entwicklung muß umgekehrt werden. Zur Förderung der friedlichen Nutzung der Kernenergie und zur Verringerung der Gefahr einer Verbreitung von Kernwaffen sollten die auf dem Londoner Gipfeltreffen eingeleiteten Untersuchungen des nuklearen Brennstoffkreislaufs fortgesetzt werden. Der Präsident der Vereinigten Staaten und der kanadische Ministerpräsident brachten ihre feste Absicht zum Ausdruck, im Rahmen wirksamer Sicherungsmaßnahmen weiterhin zuverlässige Lieferanten von Kernbrennstoff zu sein. Der Präsident der USA beabsichtigt, seine volle Amtsgewalt einzusetzen, um eine Unterbrechung der Lieferung von angereichertem Uran zu verhindern

aber abhängig gemacht von einem derzeit verhandelten Abkommen zwischen Australien und EURATOM, das einen proliferationsfördernden Mißbrauch verhindern soll. Ende März 1981 wurde dieses Abkommen unterzeichnet.

und sicherzustellen, daß die bestehenden Abkommen eingehalten werden. Der Ministerpräsident Kanadas beabsichtigt, dafür zu sorgen, daß es auf der Grundlage wirksamer Sicherungsmaßnahmen zu keiner Unterbrechung der Uranlieferungen kommt.«

Ungeachtet dieser zu Zuversicht verleitenden Äußerungen sollten wir uns aber keineswegs einer Täuschung darüber hingeben, daß es in diesen Fragen noch harte Auseinandersetzungen geben kann.

4.2.3 Die Versorgung mit Thorium

Das 1828 von J. J. von Berzelius entdeckte Thorium hat unter den in der Natur vorkommenden Elementen nach Uran und Aktinium die dritthöchste Ordnungszahl, nämlich 90. Es besteht praktisch nur aus dem Isotop Thorium 232. Seine nuklearen Eigenschaften entsprechen weitgehend denen des Uran 238, das es bei Versorgungsschwierigkeiten ersetzen könnte. Das im Reaktor durch Anlegung eines Neutrons und zweimaligen β-Zerfall erbrütete Uran 233 hat ähnlich nukleare Charakteristika wie das Plutonium 239.

Die in verschiedenen Teilen der Welt, insbesondere in Kanada und Indien vorhandenen bekannten Reserven an Thorium sind von der gleichen Größenordnung wie die bekannten Reserven an Uran. Auch die Abbau- und Aufbereitungskosten unterscheiden sich nur wenig.

Zur Zeit wird nur wenig Thorium für nukleare Zwecke benötigt. Ein kommerzieller Erfolg des Thorium-Hochtemperatur-Reaktors (THTR) könnte diese Lage etwas ändern. Das setzt aber voraus, daß der Thorium-Uran 233-Zyklus unter der Zielsetzung einer Verhinderung der Verbreitung von Kernwaffen akzeptiert wird (s. S. 480).

4.3 Die Urananreicherung

Nachdem die Linie der Magnox-Reaktoren zunächst in Großbritannien und dann auch in Frankreich aufgegeben wurde und schwerwassermoderierte Reaktoren außer in Kanada kaum noch gebaut werden, benötigt man als Reaktorbrennstoff gegenwärtig fast nur noch mit dem Isotop 235 angereichertes Uran. Vornehmlich gilt dies für die in den Bauprogrammen dominierenden Leichtwasser-Reaktoren.

4.3.1 Anreicherungsverfahren

Da sich die verschiedenen Uran-Isotope in ihrem chemischen Verhalten so gut wie nicht unterscheiden, muß die Erhöhung des beim natürlichen Uran 0,711 Gewichts-% (Isotopenanteil 0,720%) ausmachenden Anteils des Isotops 235 auf physikalischem Wege geschehen, d.h. den geringfügigen Massenunterschied der beiden Isotope 238 und 235 des Atoms nutzen[14]. Nachdem sich andere schon zu Beginn des letzten Krieges in den Vereinigten Staaten angewandte Verfahren als unwirtschaftlich erwiesen haben – die Isotopentrennung auf elektromagnetischem Wege (im Zweiten Weltkrieg bis zu 100 g U 235/Tag durch die sog. »Calutron«-Geräte in Oak Ridge/Tenn.), durch Destillation, durch Thermodiffusion, im Trennrohr, durch Elektrolyse und im Schwerefeld – stehen zur Zeit noch drei miteinander konkurrierende Verfahren zur Wahl: die Gasdiffusion, die Ultrazentrifuge und die Trenndüse, sämtliche gasdynamische Verfahren. Neuere Verfahren sind im Stadium erster Versuche, so die Trennung mittels eines rotierenden Plasmas (USA), das Trennscheibenverfahren nach Schultz-Grunow (BR Deutschland), die Trennung durch Laserstrahlen (Australien, Deutschland, Frankreich, Italien, Japan und USA) und ein in Frankreich und neuerdings auch in Japan entwickeltes, nicht näher bekanntes »chemisches Austauschverfahren«, das offenbar die unterschiedlichen Wanderungsgeschwindigkeiten der in einer Lösung befindlichen Uranisotope zur Trennung nutzt[15].

4.3.1.1 Die Gasdiffusion

Die heute für die Versorgung der »westlichen Welt« mit angereichertem Uran in erster Linie zur Verfügung stehenden Anlagen in den Vereinigten Staaten arbeiten nach dem erprobten

[14] Zur Anreicherung muß das Natururan in das gasförmige Uranhexafluorid (UF_6) verwandelt werden. Der zum Zuge kommende, aus den Molekulargewichten sich errechnende Massenunterschied ist hierfür (Atomgewichte der beiden Uranisotope: 235 u. 238, und der des Fluor: 19):

$$\frac{M_2 - M_1}{M_2} = \frac{352 - 349}{238 + 6 \times 19} = 0{,}85\%$$

[15] Wie im Herbst 1980 bekannt wurde, werden bei diesem Verfahren wäßrige und organische Uranlösungen im Gegenstrom miteinander in Kontakt gebracht. Hierbei geht in der wäßrigen Lösung ein Teil der Uranionen Komplexverbindungen mit den organischen Molekülen ein. Wegen des Massenunterschiedes reagiert dabei das leichtere Uran 235 etwas häufiger als das schwerere Uran 238.

Abb. 66: Gasdiffusionsstufe für die Urananreicherung (USAEC)

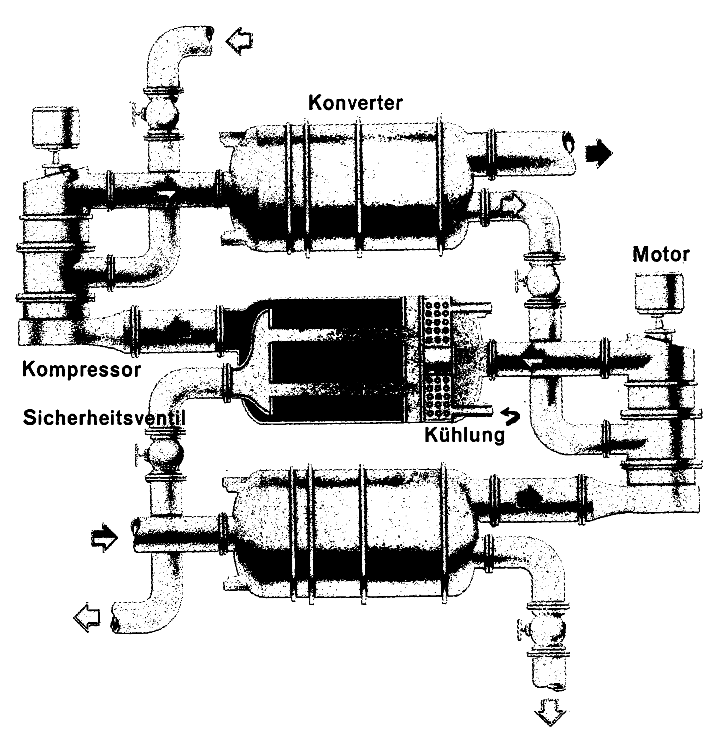


Abb. 67: Gasdiffusionsstufe für die Urananreicherung mit Konverter und Kompressor (USAEC)

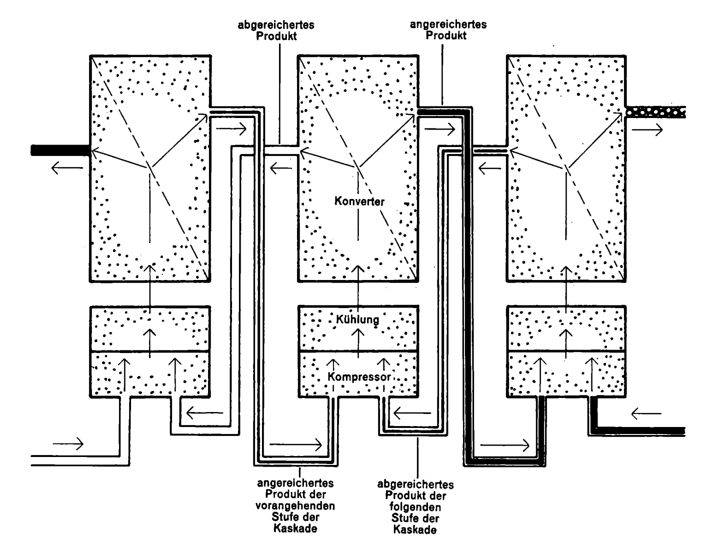


Abb. 68: Schema einer Anreicherungsstufe nach dem Gasdiffusionsverfahren (französische Darstellung nach: Le Monde, 8. 9. 1971)

Verfahren der Gasdiffusion. Das Uran-Konzentrat wird in das gasförmige Uranhexafluorid (UF_6) überführt. Dieses Gas wird mit Hilfe starker Kompressoren durch poröse Trennwände gepumpt, wie die Abb. 66 bis 68 demonstrieren. Die Porengröße liegt bei $20 \cdot 10^{-8}$ cm (20 Ångstrom). Sie entspricht etwa der freien Weglänge der Moleküle des UF_6.

Da das leichtere Isotop 235 etwas besser diffundiert, erhöht sich der Anteil dieses Isotops nach jedem Durchgang geringfügig. Der Anreicherungsfaktor je Durchgang, d.i. die Konzentration nach dem Trennvorgang im Verhältnis zu der Konzentration vorher, erreicht maximal 1,004[16]. Um zu einer Anreicherung von etwa 3% zu gelangen, wie sie für Leichtwasser-Reaktoren erforderlich ist, müssen in sogenannten Kaskaden nach-

[16] Der theoretisch bei der Diffusion erreichbare höchste Trennfaktor ist

$$\sqrt{\frac{M_2}{M_1}} = 1{,}00429$$

Darin sind M_1 und M_2 die Molekulargewichte von U (235) F_6 und U (238) F_6. In der Praxis sollen bereits Werte um 1,004 verwirklicht worden sein.

einander über 1000 Durchgänge erfolgen. Das erfordert einen außerordentlich hohen Energieaufwand; 2300 bis 2500 kWh je kg Urantrennarbeit (siehe weiter unten). Technisch-wirtschaftliche Untersuchungen zeigen, daß nur Anlagen größter Kapazität, die etwa den Bedarf decken können, den die Europäische Gemeinschaft Mitte der 80er Jahre erreicht, wirtschaftlich sein werden. Die Investitionskosten betragen mindestens 6 Mrd DM, nach heutiger Vorstellung eher 8 bis 10 Mrd DM.

4.3.1.2 Die Gaszentrifuge (Ultrazentrifuge)

Bei diesem Verfahren wird gasförmiges Uranhexafluorid in das Innere eines schnellrotierenden, reibungsarm vertikal in einem Vakuum gelagerten Zylinders geleitet. In diesem wird das Gasgemisch mitgerissen. Es rotiert annähernd mit der gleichen Geschwindigkeit. Die auftretenden Zentrifugalkräfte bewirken eine teilweise Entmischung der verschieden schweren Uranisotope in radialer Richtung. Der Entmischung ist eine thermische Konvektionsbewegung in vertikaler Richtung überlagert. Dieser Umstrom führt dazu, daß der Konzentrationsunterschied im Gas zwischen dem einen und dem anderen Ende der Zentri-

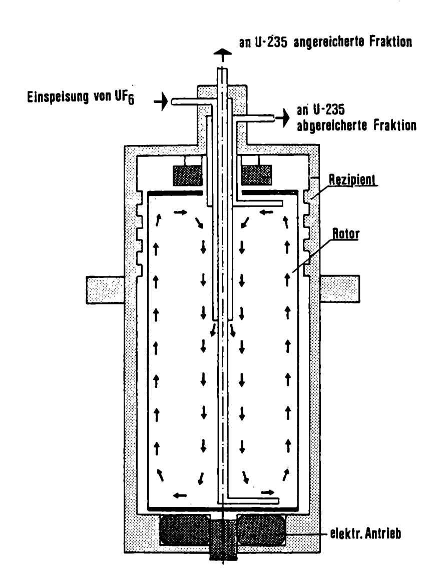


Abb. 69: Prinzipieller Aufbau einer Gaszentrifuge

fuge am größten ist. An diesen beiden Enden wird daher auch der an U 235 an- bzw. abgereicherte Gasstrom entnommen, und zwar jeweils in der Nähe der Rotorwand, wo der Druck am höchsten ist. Im Zentrum der nächsten Zentrifuge, wo ein geringer Druck herrscht, wird dieses Gas dann wieder eingespeist (vgl. Abb. 69). Dieses Druckgefälle ist so groß, daß das Gas ohne zusätzliche Verdichtung von Zentrifuge zu Zentrifuge strömt. Das Zentrifugenverfahren benötigt daher keine Kompressoren. Dadurch und wegen der fast reibungsfreien Lagerung wird nur etwa ein Zehntel der für das Diffusionsverfahren erforderlichen Energie benötigt.

Da der mit einer einzelnen Zentrifuge erreichbare Anreicherungseffekt etwa um den Faktor hundert größer ist als der einer Diffusionsstufe, brauchen nur noch 10 bis 20 Zentrifugen hintereinander geschaltet zu werden, um Natururan (0,7%) zu Reaktoruran (etwa 3%) anzureichern. Im Vergleich zu einer Diffusionsstufe ist der Durchsatz einer einzelnen Zentrifuge aber außerordentlich gering. In einer Stufe müssen daher Zentrifugen in großer Zahl parallel geschaltet werden. Da Trennanlagen aus kleineren Einheiten modulartig aufgebaut werden können, sind Gaszentrifugen hinsichtlich Bauzeit und Anlagengröße in hohem Masse flexibel. Bereits bei 1000 jato UTA sind solche Anlagen wirtschaftlich. Eine solche Anlage würde etwa 150000 Zentrifugen umfassen.

Dieses Verfahren wurde von den Partnern der URENCO (s. Seite 610) – der British Nuclear Fuels Limited (Großbritannien), der Ultra-Centrifuge Nederland N. V. (Niederlande) und der URANIT (Bundesrepublik Deutschland) – gemeinsam zur industriellen Reife gebracht. 1975 ist die Versorgung erster Kernkraftwerke aus den URENCO-Anlagen aufgenommen worden. Die Anfang 1977 in den Vereinigten Staaten getroffene Entscheidung, hinfort im Zubau die Zentrifugentechnologie einzusetzen, bestätigt, daß diese Technologie inzwischen auch dort als ausgereift und wettbewerbsfähig angesehen wird.

Die mit der Entwicklung der Ultrazentrifuge verbundene erfinderische Leistung fand eine Würdigung besonderer Art. Am 21. November 1977 wurde der mit 500000 DM dotierte *»Alfried Krupp von Bohlen und Halbach-Preis für Energieforschung 1977«* an acht Wissenschaftler »für hervorragende Verdienste bei der Entwicklung der Ultrazentrifuge zur Urananreicherung« vergeben. Preisträger waren Dr. K. *Beyerle* (Bundesrepublik Deutschland), Dr. K. *Cohen* (USA), Prof. P. *Har-*

teck (USA), Prof. J. *Kistemaker* (Niederlande), Prof. H. *Martin* (Bundesrepublik Deutschland), Prof. M. *Steenbeck* (Deutsche Demokratische Republik), Dr. S. *Whitley* (Großbritannien) und Dr. G. *Zippe* (Österreich).

4.3.1.3 Die Trenndüse

Bei diesem im Institut für Verfahrenstechnik des Kernforschungs-Zentrums Karlsruhe (E. W. Becker) unter Beteiligung der STEAG z.Zt. entwickelten Verfahren wird die Scheidung der beiden Isotope mittels einer Düse dadurch erreicht, daß

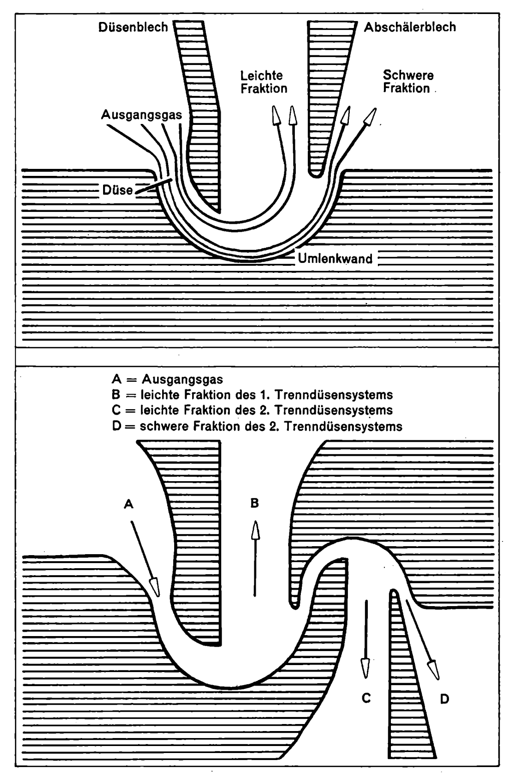


Abb. 70: Prinzip des bei der technischen Entwicklung bisher benutzten Trenndüsensystems und eines Systems, bei dem die kinetische Energie der schweren Fraktion zur weiteren Trennung ausgenutzt wird. (Nach: E. W. Becker, W. Bier, P. Bley, W. Ehrfeld und G. Eisenbeiss.)

Uranhexafluorid, gemischt mit Wasserstoff, auf Schallgeschwindigkeit gebracht, in einen Raum gepumpt wird, in welchem die leichteren Komponenten bevorzugt nach dem Gebiet geringeren Drucks abwandern und im Strahl »abgeschält« werden können (vgl. Abb. 70). Dieses Verfahren erfordert wenigstens so hohe Pumpenergien wie das Diffusionsverfahren. Wegen seines etwa 10mal so günstigeren Trennfaktors – etwa 1,010 bis 1,015 – sind aber weniger Stufen erforderlich. Auch sind kleinere Einheiten möglich. Ob es einmal wirtschaftlich sein wird, kann noch nicht beurteilt werden. Dieses Verfahren ist in Brasilien und in Südafrika (Helikon-Verfahren)[16a] auf Interesse gestoßen.

4.3.1.4 Laserverfahren

Beim Laserverfahren (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation), einem photochemischen Trennverfahren, werden zur Isotopentrennung die geringfügigen Unterschiede der Emissions- und Absorptionsspektren verschiedener Isotope desselben chemischen Elementes oder Moleküls genutzt. Schmalbandige Lichtquellen, die heute in Form von Lasern zur Verfügung stehen, ermöglichen es prinzipiell, Atome und Moleküle isotopenselektiv anzuregen. Zur Isotopentrennung wird dann das Atom oder Molekül ionisiert oder dissoziiert – beispielsweise durch weitere Einstrahlung von Licht. Auf diese Weise wird es möglich, die Isotope durch physikalische oder chemische Verfahren voneinander zu trennen.

Zur Zeit werden zwei Entwicklungslinien verfolgt, eine atomare und eine molekulare. Bei der atomaren Linie wird in einem Hochtemperaturofen durch Verdampfen von Uranmetall ein Atomstrahl erzeugt, der in einen Reaktionsraum geleitet und dort mittels eines Lasers selektiv angeregt wird. Der Anregung der Elektronenniveaus – z. B. durch einen Farbstofflaser – folgt das zusätzliche Einstrahlen von Licht geeigneter Wellenlänge, um die angeregten Atome zu ionisieren. Die isotopenspe-

[16a] Das südafrikanische Helikon-Anreicherungsverfahren wurde auf der European Nuclear Conference im April 1975 in Paris erstmalig einem größeren Kreis von interessierten Wissenschaftlern vorgestellt (Proceedings, Bd. 1, S. 167ff.). Als in der Diskussion die Eigenständigkeit dieses Verfahrens angezweifelt wurde, erklärte der südafrikanische Vortragende A. J. A. Roux: »While there may, in the very early days, have been common features, the UCOR process in its developed form is as far removed from any other enrichment process as the North Pole is from the South Pole.«

zifisch gebildeten Ionen werden dann – z.B. durch ein elektrisches Feld – aus dem Atomstrahl abgelenkt und kondensieren an gekühlten Wänden. Dieses auch als Zwei-Stufen-Ionisation von Atomen bezeichnete Verfahren wird im Lawrence Livermoore Laboratory und von der Exxon Nuclear untersucht. Mit dem Bau größerer Testanlagen wurde 1976 begonnen. Eine Pilotanlage soll in einigen Jahren in Betrieb gehen. Unter Einbeziehung von Überlegungen zur Proliferationspolitik prüft die Exxon z.Zt. aber, ob das Verfahren weiter verfolgt werden soll.

Die molekulare Linie wird in Los Alamos, USA, und in einigen Ländern Europas, darunter UdSSR und Deutschland, untersucht. Als Ausgangssubstanz kommt in erster Linie Uranhexafluorid in Frage. Die Isotopenverschiebung einzelner Absorptionslinien ist bei Molekülen zwar um einen 100 übersteigenden Faktor größer als bei Atomen, nachteilig ist jedoch die wesentlich kompliziertere Struktur der Molekülspektren. Die Spektren können aber durch Abkühlung vereinfacht werden. Erst bei Temperaturen unter 100° Kelvin (weniger als −173° C) ist es möglich, Uranhexafluorid (UF_6) selektiv anzuregen. Solch niedrige Temperaturen können erreicht werden durch adiabatische Expansion des Verfahrensgases unter Zugabe von Trägergasen. Das abgekühlte UF_6 kann anschließend durch Einstrahlung von Infrarotquanten selektiv angeregt werden. Die selektiv angeregten Moleküle werden durch weitere Energiezufuhr dissoziiert oder durch ein chemisches Abtrennverfahren voneinander getrennt.

Diese Trennverfahren – sowohl nach der atomaren als auch nach der molekularen Linie – haben sich als prinzipiell durchführbar erwiesen. Das Laserverfahren ist derzeit aus dem Stadium der Grundlagenentwicklung aber noch nicht heraus. Industrielle Anreicherungsanlagen nach dieser Technologie werden nach dem jetzigen Stand der Kenntnis erst in den 90er Jahren verfügbar sein. Nach heutigem Erkenntnisstand ist das Laserverfahren mehr als alle anderen bekannten Methoden geeignet, Brennstoff für Leichtwasserreaktoren – auch aus Tails-Material – zu wirtschaftlich akzeptablen Kosten und zudem in einem Schritt zu erzeugen.

4.3.1.5 Die Trennarbeitseinheit

Das Maß für die zur Anreicherung von Uran aufzuwendende Arbeit ist die in Kilogramm ausgedrückte Trennarbeitseinheit

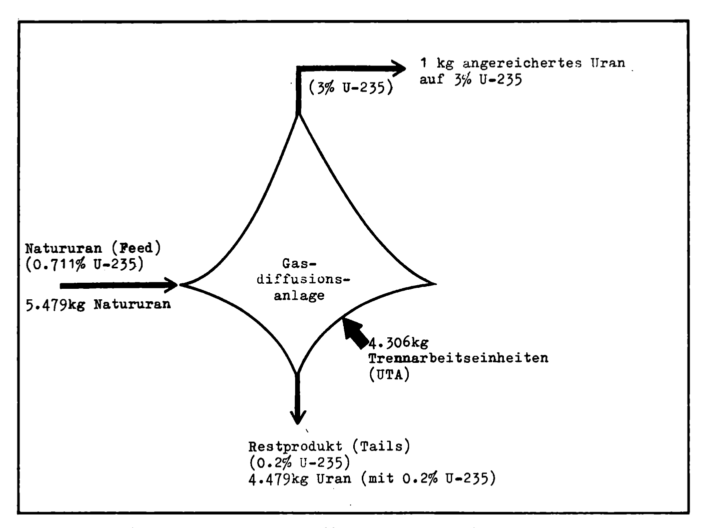


Abb. 71: Erläuterung des Begriffs der Trennarbeit am Beispiel einer Anreicherung auf 3%

(TAE), auch bezeichnet als Urantrennarbeit (UTA) – englisch »Separation Work Unit« (SWU) und französisch »Unité de Travail de Séparation« (UTS)[17].

Das folgende praktische Zahlenbeispiel sei an Stelle der mathematisch recht komplizierten Definition der Trennarbeitseinheit gebracht: Für die Herstellung von einem Kilogramm auf 3% angereichertem Uran sind, wie Abb. 71 zeigt, 5,479 kg Natururan als »Feed« und 4,306 Kilogramm UTA erforderlich. In diesem Beispiel, das den Bedingungen entspricht, unter welchen die amerikanische Atomenergiekommission (DOE) Anreicherungen vornimmt, verbleiben als Restprodukt (»Tails«) 4,479 kg auf 0,20% abgereichertes Uran. Der Satz von 0,20% wird auch als »Abstreifkonzentration« bezeichnet.

4.3.1.6 Ein Vergleich der Verfahren

Ein Vergleich der bei Anwendung der verschiedenen Verfahren entstehenden Kosten für die Trennarbeit stößt auf große Schwierigkeiten, insbesondere wegen des unterschiedlichen

[17] Zur Begriffsbestimmung der UTA s. USAEC: AEC Gaseous Diffusion Plant Operations. Report ORO-684. Januar 1972, S. 29ff.

Entwicklungsstandes und wegen der voneinander abweichenden optimalen Kapazitäten. Unter diesen Vorbehalten ist Übersicht 122 zu lesen, die den klassischen Kostenvergleich aus dem Jahre 1972 wiedergibt. Die Kalkulation der USAEC (jetzt DOE) für eine Gasdiffusionsanlage diente seinerzeit als Rechtfertigung des lange Zeit in Geltung gewesenen Preises von 30 US-$/kg UTA.

Die Entwicklung ist über diese Kostenschätzungen hinweggegangen. Für Lohnanreicherungsdienste des DOE (Department of Energy) werden seit Oktober 1980 Preise von 110 $/kg UTA für Festmengen-Verträge und von 119 $/kg UTA für Bedarfsverträge berechnet. In Übersicht 123 ist eine im April 1977 vom DOE veröffentlichte Kostenschätzung für Diffusions- und amerikanische Zentrifugenanlagen den URENCO-Kosten (europäische Zentrifuge) gegenübergestellt. Vom DOE werden für die Zentrifuge höhere Kapital- und Betriebskosten als für die Diffusion angegeben. Da jedoch die Energiekosten bei der Zentrifuge etwa um den Faktor 25 niedriger sind, liegen insgesamt gesehen die Kosten der Zentrifuge mit 71 $/kg UTA um rd. 30% unter denen der Diffusion. Die URENCO bietet zu Preisen, die den genannten, aber inzwischen fortgeschriebenen Kosten entsprechen, weiterhin Trennarbeit an. Neuere Angaben über Struktur und Höhe der Anreicherungskosten von EURODIF liegen nicht vor. Der von diesem Unternehmen geforderte Preis hat inzwischen aber auch die 100 $-Marke überschritten – nach Pressemeldungen 500 FFr oder 215 DM/kg UTA nach dem damaligen Wechselkurs.

4.3.2 Der Bedarf an angereichertem Uran

Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß sich nunmehr fast alle Länder der Leichtwasser-Linie zugewandt haben. Sowohl für das Brennstoff-Inventar wie auch für den laufenden Brennstoffverbrauch nehmen die Reaktoren der verschiedenen Typen die aus Übersicht 124 abzulesenden Anreicherungsdienste in Anspruch.

Für Leichtwasser-Reaktoren gilt danach die Faustformel: 1 t UTA wird benötigt, um eine installierte Leistung von etwa 7 MWe ein Jahr lang zu versorgen.

Einige Eckdaten gibt Übersicht 125. Die Angaben beruhen auf verschiedenen Quellen und sind nicht in jeder Hinsicht homogen.

Übersicht 122: Vergleich der Kosten der Urananreicherung – Stand 1972
– *(von H. Mohrhauer im April 1972 mitgeteilte Daten)*

Verfahren Grundlage der Kostenschätzung	Gasdiffusion Anlage der USAEC		Ultrazentrifuge Entwicklungsziel		Trenndüse Entwicklungsziel	
Trennfaktor je Stufe	1,002–1,004		1,2–1,5		1,010–1,015	
Stufenzahl, um auf 3% anzureichern	1500–2500		10–30		400–500	
Rentabilitätsschwelle in t (1000 kg) UTA/a	4000		500		1000	
Leistung der Anlage in UTA/a	6000	*8750*	900	*1000*	700	*2500*
Investitionskosten in Mio US-$	600	*1050*	152	*170*	91	*191*
spez. Investitionskosten in US-$/kg UTA	100	*120*	169	*170*	130	*76,5*
spez. Stromverbrauch in kWh/kg UTA	2500–3000	*2080*	430	*255*	5500	*3280*
Anlagekosten in US-$/kg UTA · a	9,50	*8,50*[a]	16,20	*17,00*[f]	12,40	*7,70*[b]
Stromkosten (5 mills/kWh) in US-$/kg UTA · a	12,50–15,00[c]	*12,50*[c]	3,00	*2,30*[d]	27,50	*29,50*[d]
Betrieb und Unterhalt in US-$/kg UTA · a	5,00	*7,30*	14,50[f]	*12,50*[f]	2,80	*6,40*
Kosten insgesamt in US-$/kg UTA · a	27,00–29,50[e]	*28,30*	33,70	*31,80*	42,70	*43,60*

[a] bei 7,6%/a einschl. Versicherung, aber ohne Steuern
[b] bei 10%/a einschl. Versicherung, aber ohne Steuern
[c] 0,5 US-$ cts oder 1,61 Dpfg/kWh; nach Mohrbauer 0,6 US-cts oder 1,93 Dpfg/kWh in den USA und 0,9 US-cts oder 2,90 Dpfg/kWh für eine Anlage in Europa (Wechselkurs im April 1972: 1 US-$ = 3,2225 DM)
[d] bei 2,90 Dpfg/kWh
[e] Mohrhauer gibt für eine in Europa zu betreibende Diffusionsanlage amerikanischer Konzeption folgende Kalkulation:

Anlagekosten	14,00 US-$/kg UTA/a	bei 140 statt 120 US-$/kg UTA und 10%/a
Stromkosten	22,00 US-$/kg UTA/a	bei 2440 statt 2080 kWh/kg UTA
Betrieb usw.	7,00 US-$/kg UTA/a	
Kosten insg.	43,00 US-$/kg UTA/a	

[f] bei einer mittleren Lebensdauer der Zentrifugen von acht Jahren.

Übersicht 123: Wirtschaftliche Kenndaten von Diffusions- und Zentrifugenanlagen (Preis- und Kostenstand Anfang 1977)

Kapazität	US-ERDA 8800 t UTA/a				URENCO 1000 t UTA/a	
Technologie	Diffusion $/kg UTA	%	Zentrifuge $/kg UTA	%	Zentrifuge $/kg UTA	%
Kapitalkosten	45	45	55	77	76	69
Energiekosten	54	53	2	3	3	3
Betriebskosten	2	2	14	20	31	28
Summe	101[a]		71[b]		110[c]	

[a] nach neueren Angaben (1980): 136 $/kg UTA, darin 48% Kapitalkosten, 50% Energiekosten und 2% Betriebs- und Wartungskosten.
[b] Nach neueren Angaben (1980): 105 $/kg UTA, darin 81% Kapitalkosten, 3% Energiekosten und 16% Betriebs- und Wartungskosten.
[c] entspricht 240 DM/kg UTA auf Basis des mittleren Wechselkurses der Jahre 1977 (2,32 DM) und 1978 (2,01 DM)

Quelle: H. J. Dibbert zur Situation der Urananreicherung (Atom und Strom, Jg. 23, 1977, Heft 4, S. 90ff.), ferner für die neueren Angaben: Jahrbuch der Atomwirtschaft 1981, S. B 67.

---

zu nebenstehender Übersicht:

Quellen: Berichte über die Reaktortagung 1972 in Hamburg (Atom und Strom, Heft 7/8, Juli/August 1972, S. 107, und atomwirtschaft, Juni 1972, S. 319), H. Mohrhauer, Der Stand der Urananreicherung in Europa (atomwirtschaft, Juni 1972, S. 300) und eigene Berechnungen.

Übersicht 124: Bedarf der verschiedenen Reaktortypen an Trennarbeit-Technologie der 70er und 80er Jahre

	Inventare in kg UTA/ MWe	laufender Verbrauch[a] in kg UTA/ MWe · a
Magnox-Reaktoren GGR	–	–
Fortgeschrittene gasgekühlte Reaktoren AGR	223	113
Druckwasser-Reaktoren PWR	209	137
Siedewasser-Reaktoren BWR	221	125
Schwerwasser-Reaktoren HWR		
– Natururan	–	–
– angereichertes Uran	245	210
Hochtemperatur-Reaktoren HTR		
– schwach angereichert (3,95%)	147	122
– stark angereichert (93% USA)	294	95

[a] bei 70% Auslastung (6132 Jahresvollaststunden)

Quelle: NEA und IAEA Uranium ... von Dezember 1975 und Dezember 1977

Quellen zu Übersicht 125:
(1) U. Braatz u. H. J. Dibbert, Kernbrennstoffversorgung zwischen Verfügbarkeit und Restriktionen, Jahrbuch der Atomwirtschaft 1978; Stand August 1977;
(2) NEA-Report on Nuclear Fuel Cycle Requirements, März 1978; die Bedarfsdaten wurden errechnet unter der Annahme, daß kein Recycling stattfindet; die unteren Schätzwerte entsprechen dem »Present Trend«, die oberen dem »accelerated«; für das Jahr 2000 gibt dieser Bericht 100000 bis 189000 t UTA bzw. 1000 bis 1890 GWe an.

Übersicht 125: Der Bedarf an Trennarbeit in 1000 t UTA

	Deutschland (1)	EG (1)	USA (1)	Westliche Welt (1)	Westliche Welt (2)
1978	1,4	4,0	7,5	15,3	–
1979	1,5	4,4	8,1	17,2	–
1980	1,8	5,1	9,4	19,7	–
1982	2,0–2,6	6,6– 8,7	12,6–15,5	26,5– 32,9	–
1985	2,8–3,7	10,0–13,0	17,4–21,4	38,2– 48,6	35– 46
1990	3,8–5,6	15,5–23,0	25,7–34,3	57,8– 82,0	55– 85
1995	5,3–7,5	25,0–37,0	38,0–50,0	86,0–122,0	77–134

Diesen Bedarfsdaten liegen die folgenden Annahmen zugrunde:

1. die nachstehende Entwicklung der nuklearen Nettoleistung in GWe:

	Deutschland (1)	EG (1)	USA (1)	Westliche Welt (1)	Westliche Welt (2)
1978	9,0	28,0	51,0	106	105
1979	10,0	36,0	55,0	127	126
1980	12,0	43,5	60,0	147	146
1982	16,0	56,5	76,0	192	189–211
1985	19–29	74–96	113–153	272–368	278–368
1990	31–47	124–186	177–260	469–685	504–700
1995	43–65	182–300	469–685	670–1065	750–1220

2. ein »tails assay« (eine Abstreifkonzentration) der Anreicherungsanlagen von 0,25% Uran 235; eine Erhöhung des »tails assay« um 0,05% führt zu einer Verminderung des Bedarfs um etwa 10% und umgekehrt;
3. bei den für die westliche Welt genannten unteren Schätzwerten wird nicht nur ein geringeres Wachstum der Erzeugung von Kernenergie unterstellt, sondern auch, daß Plutonium in Leichtwasserreaktoren in einem Maße rezykliert wird, das den Anlauf des Programms für Schnelle Brutreaktoren nicht in Frage stellt; die oberen Schätzwerte schließen eine Rückführung des Plutoniums aus.
4. In ihrem Bericht »Kernbrennstoffversorgung bei anhaltender Kernenergie-Rezession« (Jahrbuch der Atomwirtschaft 1980, S. A 41) nennen U. Braatz und H.-J. Dibbert die folgenden auf den neuesten Stand gebrachten Bedarfsdaten für die »westliche Welt«:

1980	17300 bis	18800 t UTA
1982	20800 bis	22300 t UTA
1985	30900 bis	38000 t UTA
1990	46500 bis	66000 t UTA
1995	67400 bis	104900 t UTA
2000	90100 bis	161500 t UTA

In welchem Maße die Wahl der Reaktorstrategie den zukünftigen Bedarf an Trennarbeit bestimmt, zeigt die folgende Zusammenstellung. Sie nennt den Bedarf der »westlichen Welt« im Jahre 2025 unter der Hypothese eines »accelerated nuclear power growth«.

Strategie	1000 jato UTA in 2025
LWR + HTR; hoch angereichert	722
LWR; gleichviel ob ohne oder mit Recycling[e]	623
LWR + HTR; niedrig angereichert	599
LWR + HWR	537
LWR; Uran und Plutonium Recycling	432
LWR + FBR; früher Typ[a], langs. Recycling[c]	373
dsgl.; fortgeschrittener Typ[b], langs. Recycling[c]	247
dsgl.; früher Typ[a], schnelles Recycling[d]	149
dsgl.; fortgeschr. Typ[b], schnelles Recycling[d]	43
LWR + HTR + FBR; in allen Fällen	19

[a] Konzeption vor 2000; [b] Konzeption nach 2000;
[c] Verdopplungszeit: 30 Jahre; [d] Verdopplungszeit 12 Jahre;
[e] Das Recycling in LWR vermindert den Verbrauch an Natururan, nicht aber den Verbrauch von Trennarbeit

Quelle: NEA, Nuclear Fuel Cycle Requirements, February 1978, Paris 1978

4.3.3 Anreicherungs-Anlagen und -Projekte

4.3.3.1 Die amerikanischen Anlagen

Zur Zeit sind die drei großen in den Vereinigten Staaten errichteten Gasdiffusionsanlagen in Oak Ridge/Tennessee (gebaut 1945 bis 1954, Anreicherungen zur Zeit bis 4%), Paducah/Kentucky (gebaut 1953/54, Anreicherungen bis 0,96%) und Portsmouth/Ohio (gebaut 1955/56, Anreicherungen bis 97,65%) die mit Abstand wichtigsten Anlagen, die zur Versorgung der »westlichen Welt« mit angereichertem Uran zur Verfügung stehen. Im ursprünglichen, lange Zeit bewahrten Ausbauzustand erreichte die Jahreskapazität dieser drei Anlagen rund 17000 jato UTA. Bei Vollauslastung erforderten diese Anlagen eine elektrische Leistung von etwa 6 GWe (zum Vergleich: die in der Bundesrepublik Deutschland installierte elektrische Gesamtleistung betrug Ende 1979 87,7 GWe). Die drei Anlagen sind entsprechend Abb. 72 in ihrem Produktionsprogramm mitein-

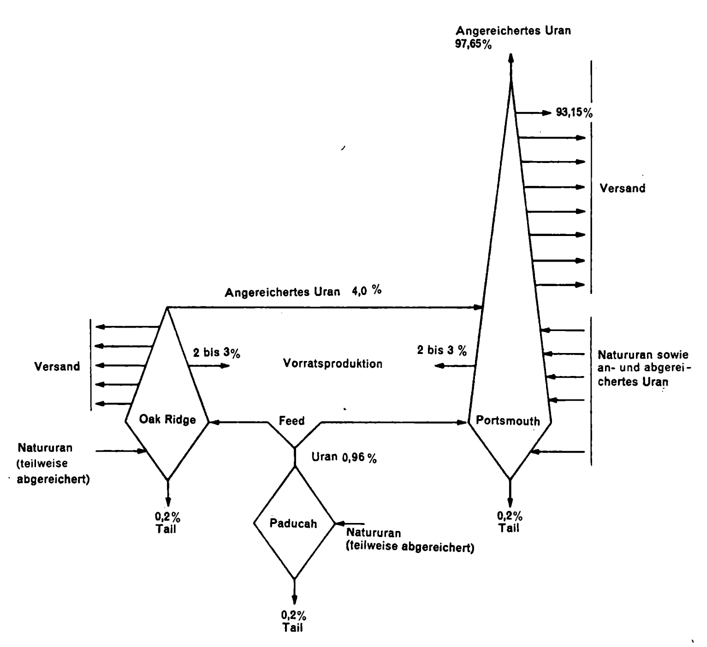


Abb. 72: Zusammenwirken der drei amerikanischen Anreicherungsanlagen (USAEC)

ander gekoppelt. Zur Zeit werden die Kapazitäten der drei Anlagen weitgehend ausgefahren. Zeitweilig war die Kapazitätsgrenze erreicht[18].

Die bestehenden Pläne für den Ausbau dieser Anlagen sahen vor: den Einbau verbesserter Trennwände und Kompressoren: CIP (Cascade Improvement Program) in den Jahren 1973 bis 1978, denn die Steigerung der Kompressorleistung: CUP (Cascade Uprating Program) ab 1977. Etwa 90% dieses Programms wurden inzwischen – bis 1980 – abgewickelt.

Durch diese 1969 beschlossenen, etwa 600 Mio US-$ kostenden Maßnahmen soll die Jahreskapazität der drei bestehenden Anlagen um mehr als die Hälfte auf 26000 jato UTA heraufge-

[18] Das amerikanische stock pile wird von (1978) 30000 t UTA (am 1. Oktober 1978 verfügte das amerikanische Department of Energy – DOE – über einen Vorrat von 6700 t auf durchschnittlich 3,2% angereichertes Uran) bis 1982 auf einen dann aufrecht zu erhaltenden Stand von 19000 bis 20000 t UTA verringert werden.

setzt werden. Der Stromverbrauch wird sich zugleich auf 7,3 GWe erhöhen. Unter Berücksichtigung der Lagerbestände und der Möglichkeiten, auf Vorrat zu produzieren, würde die nach diesen Plänen gesteigerte Kapazität der drei amerikanischen Anlagen ausreichen, um den Bedarf der »westlichen Welt« bis über 1980 hinaus zu decken. Durch Verbesserung der Kaskaden kann die Leistung nach 1980 auf rund 28000 jato UTA erhöht werden.

Während längerer Zeit beabsichtigte die amerikanische Regierung, die Anreicherungsaktivitäten teilweise zu privatisieren. Diese Pläne wurden aufgegeben, nachdem der Kongreß, den »Nuclear Fuel Assurance Act«, d.h. eine Förderung und Absicherung dieses Planes abgelehnt hatte. Gedacht war an eine Garantiesumme von 8 Mrd Dollar. Daraufhin gab die Administration des neuen Präsidenten Carter im April 1977, d.h. unmittelbar nach seinem Amtsantritt, die folgenden Beschlüsse zur künftigen amerikanischen Anreicherungspolitik bekannt:

(a) Das Department of Energy (DOE) wird beim Bau weiterer Anreicherungsanlagen die Zentrifugentechnologie einsetzen, d.h. die energieintensive Diffusionstechnologie aufgeben. (Die Entscheidung fiel wegen der größeren Wirtschaftlichkeit von Gaszentrifugenanlagen, die zwar um ca. 22% höhere Kapitalkosten, jedoch um 30% niedrigere Betriebskosten aufweisen.) Zunächst sollen anstelle der in Portsmouth geplanten Diffusionsanlage vier Zentrifugenanlagen mit einer Kapazität von jeweils 2200 t UTA/a gebaut werden. Die Ausbauentscheidung war fällig, weil die bestehenden Anlagen bis an die Grenze ihrer Kapazität ausgelastet waren.

(b) Die Regierung wird die erste dieser Anlagen als Referenzanlage bauen. Diese Anlage wird nach zweimal revidierter Entscheidung im Jahre 1989 – in Betrieb genommen werden. Zum Bau der drei weiteren Anlagen sollen dann Firmengruppen wie Exxon Nuclear, Garrett Corp. oder Electro Nucleonics herangezogen werden. Betreiber auch dieser Anlagen wird das DOE sein. Ausgewählt wurden die Standorte Oak Ridge (Centrifuge Plant Demonstration Facility – CPDF) und Portsmouth (Gas Centrifuge Enrichment Plant – GCEP).

4.3.3.2 Capenhurst

Im Vereinigten Königreich ist die ursprünglich für militärische Zwecke geplante, nunmehr aber ausschließlich zivil genutzte, nach dem Gasdiffusions-Verfahren betriebene Anlage Capenhurst in Betrieb. Voraussichtlich Anfang der 80er Jahre wird diese Anlage ihren Betrieb einstellen. Am gleichen Standort werden von URENCO Zentrifugenanlagen errichtet werden.

4.3.3.3 Pierrelatte

Die französiche, nach dem Verfahren der Gasdiffusion arbeitende Anlage in Pierrelatte wurde für militärische Zwecke errichtet und ist demgemäß für hohe Anreicherungen konzipiert. Unter Auswertung der beim Bau und Betrieb dieser Anlage gesammelten Erfahrungen wird in der Nähe dieses Standorts im Rahmen der französisch-italienisch-spanisch-belgischen Kooperation EURODIF eine leistungsstarke Anlage für zivile Zwecke errichtet.

4.3.3.4 Zusammenfassung

Übersicht 126 zeigt die zum Teil auf Schätzungen beruhende Voraussage der Entwicklung der Anreicherungsmöglichkeiten in der westlichen Welt für die Zeit bis 1990. Diese auf zahlreichen Informationen beruhende Übersicht ist für die späteren 80er Jahre recht unsicher. Auf die Vorhaben der URENCO, der EURODIF und die in weiterer Zukunft liegenden Pläne (COREDIF, UCOR, NUCLEI, PNC u.a.) wird weiter unten eingegangen werden.

4.3.4 Die Versorgung Europas mit angereichertem Uran

(1) Bis vor einigen Jahren wurden die Betreiber von Kernkraftwerken in Westeuropa so gut wie ausschließlich aus den Vereinigten Staaten versorgt. Das laufende *Kooperationsabkommen* zwischen den Vereinigten Staaten und EURATOM erlaubt der USAEC (jetzt DOE), angereichertes Uran zu liefern, das ausreicht für die Versorgung von 55 GWe (vor dem 15. März 1975 für 35 GWe). Das entspricht einem Lieferplafond von 340 (vorher 215) t U_{235}. Bei einer mittleren Anreicherung von 3% sind dies 11 300 t angereichertes Material. 1970 bis 1978 wurde angereichertes Uran aus den USA mit einem Gehalt von 104 t U_{235} durch den Zoll abgefertigt, aus der UdSSR in der gleichen Zeit außerdem 24 t. 1978 stammten 64,5% des eingeführten ange-

Übersicht 126: Trennarbeitskapazitäten der westlichen Welt in 1000 jato (t/a) UTA

Unternehmen	Standort der Anlage	Anreicherungs-verfahren	1970	1978	1980	1982	1985	1988	1990
DOE (USA)	Oak Ridge	Diffusion	4,9						
	Paducah	Diffusion	7,3	18,4	19,9[b]	21,5[b]	25,5	25,5	25,5
	Portsmouth	Diffusion	4,9						
			17,1						
DOE[a]	Portsmouth	Zentrifuge							2,2–4,4
CEA (F)	Pierrelatte	Diffusion	0,4						
EURODIF (F,I,E,B)	Tricastin	Diffusion			0,6	10,8	10,8	10,8	10,8
COREDIF (F,I,E,B)	EG-Raum	Diffusion							2–5
BNFL (GB)	Capenhurst	Diffusion	0,35	0,35	0,35	0,35			
URENCO[a]	Capenhurst								
(GB,NL,BRD)	Almelo	Zentrifuge		0,26	0,5	1,0	2,0–3,0	2,9–5,5	3,5–7,5
	Gronau								
UCOR (Südafrika)	Valindaba	Helikon					0	≦ 0,4	≦ 0,4
NUCLEI (Bras.)		Trenndüse					≦ 0,21	≦ 0,21	≦ 2,2
PNC (Japan)	Okajama	Zentrifuge				0,01	0,1–0,5	0,1–1,3	0,1–2,5
Total »westliche Welt«			18,0	19,0	26,75	34,6	38–40	39–42	45–56
desgl. nach INFCE-Meldungen (1979)[c]					17,0	33,5	39,7	52,1	63,3[d]

reicherten Urans aus den USA. Die Sowjetunion erreichte im gleichen Jahr einen Lieferanteil von 35,5%. Noch 1976 und 1977 kamen die USA auf Anteile von 89,1 und 77,0%. Der Rückgang der amerikanischen Lieferungen – auch in den absoluten Mengen – wird mit der inzwischen erreichten Vollbeschäftigung der dort betriebenen Anlagen erklärt[19].

(2) Der *Typus der vertraglichen Abmachung* zwischen der USAEC/ERDA/DOE und den Abnehmern in der Gemeinschaft, für die gemäß dem EURATOM-Vertrag die bei der Kommission der Europäischen Gemeinschaften eingerichtete *Versorgungsagentur* als europäische Vertragspartei auftritt, hat sich in den vergangenen Jahren mehrfach geändert. Wenn auch zeitweilig eingeschränkt und oft verzögert, wurde dabei der Grundsatz der Nichtdiskriminierung zwischen Abnehmern in den Vereinigten Staaten und Abnehmern in der Europäischen Gemeinschaft beachtet.

(a) Bis 1964 überließ die USAEC angereichertes Uran nur gegen *Pacht.* Die Kernbrennstoffe gingen nicht in das Eigentum der Verbraucher über. Diese zahlten nur für den Abbrand, d.h. die der Verringerung der Anreicherung entsprechende Wertdifferenz, sowie einen auf den mittleren Wert berechneten Pachtzins, der wegen seiner geringen Höhe von 4,75% jährlich einen Anreiz geben sollte, sich der Kernenergie zuzuwenden.

(b) Mit dem »Private Ownership of Special Nuclear Material Act« wurde 1965 das System der Pacht schrittweise ersetzt durch das System des *Kaufs* von Kernbrennstoffen, mit welchem diese Stoffe in das wirtschaftliche Eigentum der Abnehmer, die »Private Ownership«, übergingen. In ihren Befugnissen zur Verwendung der übernommenen Kernbrennstoffe blieben die Betreiber aber weiterhin an die auferlegten strengen Regeln gebunden, die eine mißbräuchliche Verwendung ausschließen und zur Rückgabe des abgebrannten Brennstoffs (ein-

[19] Von den 1976 bis 1979 in die Bundesrepublik eingeführten 3048 t angereichertem Uran waren 51,3% US-amerikanischer und 46,3% sowjetischer Herkunft.

---

zu nebenstehender Übersicht:
[a] der Ausbau der URENCO-Anlagen orientiert sich am Bedarf
[b] die USA meldeten INFCE nur 10,5 für 1980, aber 21,5 für 1982
[c] niedrige Schätzwerte (gleichfalls ohne UdSSR)
[d] 1995 nach INFCE : 78 700 jato UTA

schließlich des beim Abbrand erzeugten Plutoniums) verpflichten. Es entfiel aber der in dem niedrigen Pachtpreis liegende Vorteil.

(c) Eine dritte, letzte Form der Versorgung mit angereichertem Uran ist die *Lohnanreicherung*, das teilweise bereits seit Anfang 1969 angewendete *»Toll Enrichment«*. Der Abnehmer stellt dem DOE das Ausgangsmaterial (Natururan oder auch bereits leicht angereichertes Uran) in Form von Uranhexafluorid (UF_6) zur Verfügung. Dieses Material wird von dem DOE angereichert und an den Kunden zurückgegeben. Außer gewissen Nebengebühren berechnet das DOE einen Preis für die »Trennarbeit«, der von dem Anreicherungsgrad des Ausgangsmaterials (Feed) und dem abgereicherten Restmaterial (Tails) abhängt. Die 1973 abgeschlossene Umstellung auf das System der Lohnanreicherung ist für die Kernkraftwerkbetreiber von Vorteil, da es ihnen die Möglichkeit gibt, das Ausgangsmaterial zu günstigen Bedingungen auf dem Weltmarkt zu erwerben. Die aus Sicherheitsgründen gebotenen Verwendungsauflagen werden dadurch nicht berührt.

(3) Der Preis, der für die Einheit Urantrennarbeit (UTA) – auch TAE – an das DOE, bzw. deren Vorgängerinnen USAEC und ERDA in den drei Bezugsformen explizite oder implizite zu zahlen war oder ist, betrug ursprünglich 30 US-$ je kg UTA. Eine Preisgleitklausel gestattete, den Preis in Abhängigkeit vom Strompreis und den Arbeitslöhnen zu erhöhen. Tatsächlich wurde der Preis zunächst aber auf 26 US-$ ermäßigt und dann bis 1968 auf 28,70 US-$ angehoben. Eine ab 6. September 1971 vorgesehene Preiserhöhung auf 32 US-$ unterblieb zunächst wegen des von der amerikanischen Regierung angeordneten generellen Lohn- und Preisstopps, ist aber dann doch am 15. November 1971 in Kraft getreten.

Die Preispolitik der ERDA als Vorgängerin des DOE hat sich mit den am 9. Mai und am 14. August 1973 in Kraft getretenen neuen Kriterien für die Lohnanreicherung substantiell geändert. Diese Kriterien sollten die Auslastung der Anreicherungsanlagen verbessern und einen rationelleren Ausbau gestatten. Sie sollten zugleich die bei einer Überführung von Anreicherungsanlagen in Privatbesitz entstehenden Mehrkosten decken. Ausdruck dieser Neuregelung ist der neugeschaffene *»Long-Term Fixed Commitment (LTFC) Contract«*, der alle bisherigen Vertragstypen letztlich ersetzen soll.

Die wohl gravierendste Änderung, die mit der Einführung

dieses »Langzeitvertrages« einherging, ist die Verlängerung und Fixierung der Bestellfristen. Lohnanreicherungsverträge sollen nach den neuen Kriterien bereits acht Jahre vor der ersten Lieferung abgeschlossen werden. Die Betreiber von Kernkraftwerken müssen sich zur Abnahme fester Mengen im jeweils fixierten Zeitpunkt während wenigstens zehn Jahren verpflichten und zugleich einen Vorschuß von 3300 US-$ je Megawatt betroffener Leistung zahlen. Der Preis für die bezeichneten Long Term Fixed Commitment (LTFC)-Verträge wurde seit 1973 wiederholt, zuletzt mit Wirkung vom 30. September 1980 von damals 98,95 auf 110 $/kg UTA erhöht.

Dieser neue Preis gilt auch für *Adjustable Fixed Commitment (AFC)-Verträge.* Unter diesem neuen, seit 1978 angebotenen Vertragstyp können nach einer Unterbrechung von mehr als vier Jahren wieder Anreicherungsdienste der USA in Anspruch genommen werden. Am 30. Juni 1974 hatte die damalige ERDA aufgehört, Langzeitverträge abzuschließen, weil die amerikanischen Kapazitäten voll ausgeschöpft waren.

Der AFC-Vertrag enthält erhebliche Verbesserungen gegenüber dem LTFC-Vertrag. Diese Verbesserungen waren auch möglich, weil zukünftig kostengünstigere und ungleich flexiblere Zentrifugen zugebaut werden. So erlauben AFC-Verträge den EVU, die bei Vertragsabschluß angegebenen Abnahmeverpflichtungen innerhalb bestimmter Grenzen dem späteren tatsächlichen Bedarf anzupassen. Der Vertrag kann bereits zehn Jahre und muß spätestens sechs Jahre vor dem ersten Lieferjahr abgeschlossen werden. Sechs Jahre vor erster Lieferung müssen nur noch die Trennarbeitsmengen für die ersten fünf Lieferjahre und in jedem Lieferjahr die Mengen für ein weiteres Jahr festgelegt werden, so daß die Abnahmeverpflichtungen jeweils auf einen Fünf-Jahres-Zeitraum begrenzt sind. Gegen Zahlung von Pönalen kann der Fünf-Jahres-Zeitraum spätestens drei Monate vor Ablauf der Mitteilungsfrist beliebig oft bis um maximal fünf Jahre hinausgeschoben werden. Zudem ist es möglich, auch während des Fünf-Jahres-Zeitraums einzelne Lieferungen um weitere fünf Jahre zu verschieben.

Für die nach Maßgabe der Verfügbarkeiten daneben auch weiterhin zugelassenen *Requirement-Verträge,* d.h. Kontrakte, bei denen die Abnehmer Mengen und Zeitpunkte selbst bestimmen können, wurde letztmalig der Preis zum 29. Oktober 1980 von damals 110,75 $ auf 119 $/kg UTA heraufgesetzt. Der sog. *Ceiling Price,* der bei Requirement-Verträgen nicht überschrit-

ten werden darf und alle sechs Monate angepaßt wird, erreichte zuletzt (1981) 119,62 $/kg UTA.

Unverkennbar bemüht sich die Administration unter dem neuen Präsidenten R. Reagan, das unter dessen Amtsvorgänger verlorengegangene Vertrauen in die uneingeschränkte Lieferbereitschaft der USA für angereichertes Uran, hier vor allem in die Bereitschaft zur Erfüllung einmal gegebener Lieferzusagen, wiederherzustellen, zumal sich auf dem Markt der Anreicherungsdienste ein Überangebot abzeichnet.

(4) Übersicht 127 nennt die zur Herstellung von je einem Kilogramm Uran mit verschiedenen herausgehobenen Anreicherungsgraden sowohl benötigte Menge an Natururan –

Übersicht 127: Standard-Tabelle für Anreicherungsdienste der USAEC
(Grundlage: ein Tails-Assay von 0,20 Gewichts-%[a])

Anreichung in Gewichts-%	kg Natururan je kg »Produkt«[b] (feed component)	kg Trennarbeit-Einheiten je kg »Produkt«[b] (separat. work component)
0,20	0	0
0,25	0,098	−0,100
0,30	0,196	−0,158
0,711	1,000	0,000
1,00	1,566	0,380
2,00	3,323	2,194
3,00	5,479	4,306
4,00	7,436	6,544
90,00	175,734	227,311

[a] Der optimale Abreicherungsgrad des »Tails« hängt ab von dem Verhältnis der Uranpreise zu den Anreicherungskosten. So ergibt ein Trennarbeitspreis von 100 $/kg UTA und ein Natururanpreis von 30 $/kg U_3O_8 einen optimalen Anreicherungsgrad von 0,25% U_{235}. Die drei Diffusionsanlagen haben ihren Tails Assay seit 1. 10. 78 von bisher 0,25% auf 0,20% eingestellt. Damit ist das sog. *»Split Tails Program«* beendet, das von der damaligen *USAEC* Anfang der 70er Jahre eingeführt worden war. Im Rahmen dieses Programms wurden die Diffusionsanlagen mit 0,25% Tails Assay betrieben, während die Aufträge der Kunden so abgewickelt wurden, als ob die Restanreicherung 0,20% betrug. Dieses Verfahren benutzte die USAEC zum Abbau ihres Natururan-Stockpile und gleichzeitig zur Anlage eines Stockpile von angereichertem Uran. Es wird erwartet, daß der jetzt eingestellte Tails Assay von 0,20% bis Ende der 80er Jahre beibehalten wird.

[b] An- oder abgereichertes Uran entsprechend dem Anreicherungsgrad.

feed component – als auch an Trennarbeits-Einheiten – separative work component. Die Angaben sind dem amerikanischen Federal Register, Bd. 38, Nr. 153, vom 9. August 1973 entnommen.

Der Preis für ein kg Uran gewünschter Anreicherung errechnet sich nach der Formel[20]:

$$P = 2{,}9325 \times fc \times F + swc \times E$$

worin bedeuten:
P = Preis des Endprodukts in US-$/kg
fc = feed component
F = Preis des Konzentrats in US-$/lb U_3O_8
swc = separative work component
E = Preis der Trennarbeit in US-$/kg UTA

Bei angenommen 26 US-$/lb U_3O_8 und 110 US-$/kg UTA ergibt sich danach für Uran, das auf 3% angereichert ist, ein Preis von 891 US-$/kg U. Bei diesem Anfang 1981 geltenden Preis würde das in dem Reaktorblock Biblis A oder Biblis B enthaltene Uran (102,7 t) 192 Mio DM kosten. Zugrundegelegt ist der Anreicherungsgrad der Nachladungen; Wechselkurs 1 US-$ = 2,10 DM.

Allgemein errechnet sich der Preis für angereichertes Uran nach der Formel:

$$P = \frac{x_p - x_t}{0{,}711 - x_t} (2{,}600\ F + 2{,}205\ K) + \triangle E$$

worin bedeutet:
x_p = gewünschter Anreicherungsgrad
x_t = Anreicherungsgrad des Restmaterials (z. Zt. 0,2%)
K = Preis der Konversion und der Nebenleistungen in US-$/lb U
T = erforderliche Trennarbeit in kg UTA

Der nur bei Pacht- und Kaufverträgen zum Zuge kommende Preis, den die USAEC bzw. deren Nachfolgerinnen für das Konzentrat berechnen, betrug ursprünglich 13 bis 15 US-$/lb U_3O_8. Dieser Preis wurde ab Juli 1961 auf den damals als Richtpreis angesehenen Preis von 8 US-$/lb U_3O_8 gesenkt. Tatsächlich konnte lange Zeit das Konzentrat auf dem Weltmarkt zu 6 bis 7 US-$/lb oder selbst weniger erworben werden. Von dieser

[20] Der in dieser Formel verwendete Multiplikator 2,9325 enthält neben den Umrechnungsfaktoren von kg U zu lb U_3O_8 auch Kostenanteile für Konversion und Probenahme.

Möglichkeit machten die nicht-amerikanischen Verbraucher durchweg Gebrauch. Seit Anfang 1974 liegt der Marktpreis für das Konzentrat wesentlich höher als 8 US-$/lb.

(5) Bei Auseinandersetzungen um die Kernenergie wird immer wieder behauptet, die Abhängigkeit der Bundesrepublik von Einfuhren von Uran, zumal letztlich benötigtem angereicherten Uran, wiege ebenso schwer wie die Abhängigkeit von Ölimporten. Daß hier nicht nur in Bezug auf Mengen, spezifische Kosten und Vorsorgezeiten ein erheblicher quantitativer Unterschied besteht, sondern auch eine grundsätzlich abweichende Lage gegeben ist, zeigt folgende Feststellung: Ende Dezember 1980 waren in Deutschland 1450 t angereichertes Uran eingelagert, die bei Nutzung in LWR 130 Mio t SKE entsprechen und ausreichen würden, die in Betrieb befindlichen Kernkraftwerke über sechs Jahre weiter zu betreiben. Einschließlich des Brennstoffes, der als „Erstladungen" für verzögerte Kernkraftwerksbauten bereitliegt, reichen die Lagerbestände an Uran theoretisch aus, um während 2½ Jahren die Bundesrepublik mit Strom zu versorgen.

4.3.5 Projekte zur Errichtung von Anreicherungsanlagen in Europa

Ende der 60er Jahre zeigte ein Vergleich zwischen den Daten für die Entwicklung des Bedarfs an Anreicherungsleistungen und den aus den Ausbauplänen sich ergebenden Liefermöglichkeiten, daß es erforderlich sei, ab 1980 – bei vorangegangener Produktion auf Vorrat allenfalls ab 1982 – neue Kapazitäten in Betrieb zu nehmen. Bauentscheidungen wären daher bis 1977 zu treffen. Das ist der Hintergrund für die von verschiedenen Gremien entwickelten Pläne zum Bau neuer Anreicherungsanlagen. Diese Anlagen sollten möglichst in Europa errichtet werden, um einen höheren Grad der Versorgungssicherheit zu erreichen.

4.3.5.1 Die Initiativen der Europäischen Gemeinschaft

Der Vertrag über die Gründung einer Europäischen Atomgemeinschaft war nach der Konferenz von Messina im Jahre 1955 nicht zuletzt mit dem Ziel ausgehandelt worden, den Rahmen für die Schaffung einer europäischen Anreicherungsanlage zu liefern. Insbesondere zu diesem Zweck enthält der EURATOM-Vertrag ein Kapitel über »Gemeinsame Unternehmen«.

Wenn es in der Anfangsphase der Tätigkeit der Gemeinschaft, d.h. nach 1958, nicht dazu kam, so lag dies an der erklärten und später vertraglich fixierten Bereitschaft der amerikanischen Regierung, die Betreiber von Kernkraftwerken in den Mitgliedstaaten der Gemeinschaft zu Bedingungen mit angereichertem Uran aus ihren Anlagen zu versorgen, die sie gegenüber amerikanischen Abnehmern nicht diskriminieren. Diese Zusage ist bis zum März 1975, d.h. bis zu dem mit der neuen Non-Proliferation-Politik begründeten Exportstopp der NRC im Grundsatz eingehalten worden.

Pläne zum Bau von Anreicherungsanlagen in Europa wurden erst wieder aufgegriffen, als sich abzeichnete, daß die vorhandenen Kapazitäten nur zur Versorgung bis etwa 1980 ausreichen. In dieser Perspektive beschloß der Ministerrat der Europäischen Gemeinschaft am 8. Dezember 1967, eine besondere *Studiengruppe* des im Rahmen der Gemeinschaft geschaffenen Beratenden Ausschusses für Kernforschung zu beauftragen, die Probleme der Versorgung mit angereichertem Uran zu untersuchen. Die beiden Berichte dieser Studiengruppe vom 31. Oktober 1968 und 14. März 1969 sprechen sich für eine europäische Anreicherungskapazität aus.

Auf der Grundlage dieser Berichte hat die Europäische Kommission dem Rat am 22. Mai 1969 einen *Zwei-Phasen-Plan* vorgeschlagen.

In der *ersten,* bis zum 31. Dezember 1971 laufenden Phase sollten Parameterstudien und Forschungs- und Entwicklungsprogramme durchgeführt werden. Die Gemeinschaft soll sich ferner an den »Pilotanlagen« in Almelo (Niederlande) und Pierrelatte (Frankreich) beteiligen. In der *zweiten,* bis zum 30. Juni 1973 dauernden Phase sollten beide Verfahren technisch-ökonomisch miteinander verglichen und ein »Gemeinsames Unternehmen« zur Vorbereitung eines Baubeschlusses auf der Grundlage des sich am geeignetsten erweisenden Verfahrens gegründet werden. Der Baubeschluß sollte vor dem 31. Dezember 1978 erfolgen.

In den Sitzungen des Ministerrats am 6. Dezember 1969, 13. Oktober und 16./17. Dezember 1970 wurden die notwendigen Beschlüsse zur Einleitung der ersten Phase gefaßt. Obgleich Frankreich auf der Pariser Gipfelkonferenz am 19. und 20. Oktober 1972 die Dringlichkeit dieses Vorhabens noch einmal mit Nachdruck unterstrich und der Ministerrat der Europäischen Gemeinschaft in seiner Sitzung am 22. Mai 1973 einen ständigen

Koordinierungsausschuß für Urananreicherung einsetzte, der die Europäische Kommission in den Stand setzen sollte, konkrete Vorschläge zu machen, besteht spätestens seit 1974 keine Aussicht mehr, daß es aufgrund dieser Initiativen zum gemeinsamen Bau einer europäischen Urananreicherungsanlage kommen wird.

4.3.5.2 EURODIF

Vornehmlich Frankreich, aber auch andere Länder, so Italien, blieben an einer gemeinsamen europäischen Anreicherungsanlage nach der Technik der Gasdiffusion interessiert. Da für eine wirtschaftlich arbeitende Anlage eine Mindestkapazität von 4000 jato UTA, nach strengeren Auffassungen sogar eine solche von 6000 bis 8000 jato UTA erforderlich ist, kann bei der europäischen Bedarfsstruktur eine solche Anlage nur als Gemeinschaftsunternehmen mehrerer Länder mit Aussicht auf wirtschaftlichen Betrieb verwirklicht werden. Dabei ist zu der insbesondere bei der Vierten Genfer Atomenergiekonferenz im August 1971 bekundeten Bereitschaft Frankreichs, seine Erfahrungen aus dem Betrieb der Anlage in Pierrelatte zur Verfügung zu stellen, inzwischen auch die Bereitschaft der Vereinigten Staaten getreten, anderen Ländern seine umfassenden Erfahrungen mit solchen Anlagen unter der Bedingung einer Teilnahme an einer gemeinsamen Operation mitzuteilen.

Ein Ausdruck dieser Betrebungen ist die durch Gelsenberg, Hoechst, NUKEM und STEAG am 21. Februar 1972 gegründete deutsche Studiengesellschaft für Uranisotopenverfahren (SIT) in Essen, die ihrerseits am 25. Februar 1972 der internationalen Studiengesellschaft für Uranisotopenanlagen (EURODIF) in Paris beigetreten ist. Dieser Gesellschaft gehörte außerdem an: das französische Commissariat à l'Energie Atomique (CEA), die British Nuclear Fuels Ltd. (BNFL), die Ultra-Centrifuge Nederland (UCN), das Comitato Nazionale per l'Energia Nucleare (CNEN), die AGIP Nucleare und die belgische SYBESI. Die schwedische AB Atomenergi und die spanische Empresa Nacional del Uranio S.A. (ENUSA) sind der EURODIF am 10. Oktober 1972 beigetreten. EURODIF sollte die technischen Grundlagen und wirtschaftlichen Aussichten für den Bau einer europäischen, weltweit wettbewerbsfähigen Uranisotopentrennanlage, die nach dem Gasdiffusionsverfahren arbeitet, untersuchen. Die drei zugleich an der Entwicklung des Ultrazentrifugen-Verfahrens interessierten Partner, die SIT, die

BNFL und die UCN (s. S. 612f.), haben sich zum 1. Juni 1973 aus der EURODIF wieder zurückgezogen, offenbar, weil sie ein Engagement in beiden, durch starkes industrielles Engagement ausgezeichneten Techniken nicht mehr für vertretbar hielten. Auch Schweden hat sich im Frühjahr 1974 aus EURODIF zurückgezogen, weil es seinen Bedarf durch Bezüge aus den USA und der UdSSR decken will. In diesem kleineren Rahmen, dem zunächst Schweden noch angehörte, hat sich die ursprünglich als Studiengesellschaft ins Leben gerufene EURODIF im Oktober 1973 als internationale Gesellschaft konstituiert.

Die Entscheidungen zur Verwirklichung der Pläne der EURODIF sind Anfang der 70er Jahre gefallen. Die französische Regierung hat das EURODIF-Projekt einer industriellen Anreicherungsanlage im November 1973 genehmigt. Nachdem auch die Zustimmung der verbliebenen anderen Partner an der EURODIF – Italien[21], Belgien und Spanien – vorlag, wurde diese Anlage in Tricastin im Rhonetal in unmittelbarer Nähe von Pierrelatte schrittweise errichtet. Der Betrieb der ersten Ausbaustufe wurde im März 1979 bauplangemäß aufgenommen.

Im Endausbau wird die Gasdiffusionsanlage in Tricastin eine Leistung von 10800 jato UTA aufweisen. Die volle Auslastung soll wenigstens bis 1990 durch die bereits erteilten Aufträge gesichert sein. 1980 wurde die dritte Ausbaustufe planmäßig vollendet und in Betrieb genommen. Die Gesamtleistung erreichte damit 6500 jato UTA. Die restliche Kapazität wird zwischen 1981 und 1983 fertiggestellt werden. Im Endausbau wird die Anlage in Tricastin 2700 jato auf 3% angereichertes Uran erzeugen können, ausreichend für die laufende Versorgung einer Kernenergieleistung von etwa 70 GWe. Die Energieversorgung dieser stromintensiven Anlage werden vier Kernkraftwerke mit einer Leistung von je 925 MWe sichern. Die Kosten der Anreicherungsanlage werden auf 3,9 Mrd DM, die der vier Kernkraftwerke auf 2,8 Mrd DM – insgesamt ergibt das 6,7

[21] Mit Rücksicht auf die Verzögerung seines Kernenergieausbaus hat Italien im Sommer 1980 seinen Anteil von 25 auf 16,25% vermindert. Die anderen Partner halten nunmehr die folgenden Anteile:

Frankreich (Cogema)	51,53%
Belgien (SOBEU)	11,11%
Spanien (ENUSA)	11,11%
der Iran (Sorifid)	10,00%

Mrd DM – veranschlagt. Die Kosten sollen sich nach neueren Schätzungen auf etwa 14 Mrd DM (1977) erhöht[22], also mehr als verdoppelt haben, ein Zeichen dafür, wie schwer es ist, die Kosten von Großprojekten verläßlich vorauszubestimmen, und daß es immer schwieriger wird, ohne Staatszuschüsse oder Staatsgarantien auszukommen. Inzwischen hat eine Gruppe japanischer Elektrizitätswerke bei EURODIF insgesamt 10000 t UTA bestellt, die zwischen 1980 und 1990 bereitgestellt werden sollen. Unter den Bestellern ist auch ein deutsches EVU, das RWE[23].

Ursprünglich im Rahmen einer französisch-iranischen Vereinbarung[24] geplant, ist nach wie vor vorgesehen, unter der Bezeichnung COREDIF eine zweite große Anreicherungsanlage zu bauen. Diese Anlage soll eine Teilanreicherung bis 2% vornehmen, das Uran soll dann in die EURODIF-Anlage eingespeist und weiter angereichert werden. Über den Zeitplan für den Kapazitätsausbau unterrichtet Übersicht 126 (S. 600).

4.3.5.3 URENCO

(1) Am 4. März 1970 schlossen die Regierungen von Großbritannien, der Niederlande und der Bundesrepublik Deutschland ein Abkommen über die Zusammenarbeit bei der Entwicklung der Gas-Ultrazentrifuge, das am 19. Juli 1971 in Kraft getreten ist. Dieses Abkommen sieht vor, daß die drei Länder Gaszentrifugen-Anlagen gemeinsam bauen und betreiben und alle erforderlichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten gemeinsam unternehmen werden. Mit dem Ziel, die Anlage so schnell wie möglich zur Wirtschaftlichkeit zu bringen, soll die Bildung gemeinsamer Industrieunternehmen gefördert werden.

In Vollzug dieses Abkommens wurden im Juli und August 1971 die aus Abb. 73 und 74 ersichtlichen industriellen Organi-

[22] 30 Mrd FFr (Wert 1977), von denen bisher 12 Mrd FFr von EDF und 8 Mrd FFr von CEA aufgebracht wurden (100 Fr (1977) = 47,26 DM).

[23] Nach dem NEA-IAEA-Bericht ›Uranium ...‹ vom Dezember 1975 hatte EURODIF zu diesem Zeitpunkt Aufträge über die Lieferung von 54000 t UTA unter Vertrag, davon 26200 t für Lieferungen an nichtfranzösische Abnehmer.

[24] Nach dem Umsturz hat der Iran 1979 seine Kernenergiepläne aufgegeben. Daher hat er sich auch bemüht, seinen 10%-Anteil an EURODIF zurückzugeben. Darüber ist es zu einer bislang nicht beigelegten Auseinandersetzung mit der französischen Regierung gekommen. Im April 1981 wurde von iranischer Seite mitgeteilt, als Sicherheit für ausstehende iranische Zahlungen an EURODIF habe die französische Technicatome etwa 80 t dem Iran gehörendes Uran blockiert.

Uran-Isotopentrennungs-gesellschaft mbH (Uranit)

Ultra-Centrifuge Nederland N.V. (UCN)

British Nuclear Fuels Ltd. (BNFL)

49 2 33,3 49 33,3 2 33,3 2 96

Urenco Limited Marlow/England

Urenco - D

Urenco - NL

Urenco - UK

Abb. 73: Beteiligung an der trilateralen Gesellschaft URENCO

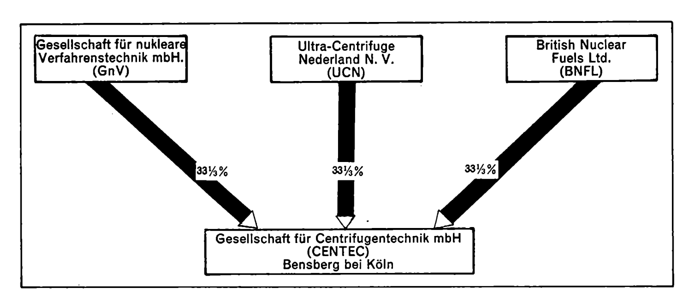


Abb. 74: Beteiligung an der trilateralen Gesellschaft CENTEC

sationen, die Auftraggeber- und Betreiber-Gesellschaft URENCO Ltd. (Uranium Enrichment Comp.) und die Hersteller-Gesellschaft CENTEC mbH. (Gesellschaft für Zentrifugentechnik mbH.) gegründet.

An der Uran-Isotopen-Trennungs-GmbH – URANIT – in Jülich, dem deutschen Partner der URENCO Ltd. in Marlow/England, sind die Firmen NUKEM und Preußenelektra mit je 40% und Hoechst mit 20% beteiligt. Der Ultracentrifuge Ne-

derland N.V. – UCN – gehören die Firmen Philips, Shell, Werkspoor und Rijn-Schelde sowie die Staatsmijnen an, der niederländische Staat ist finanziell beteiligt. Der zunächst von der UKAEA gehaltene Anteil des britischen Partners ist inzwischen auf die British Nuclear Fuels Ltd. – BNFL – übergegangen.

Verantwortlich für die Entwicklung und den Bau der beiden Anlagen Almelo und Capenhurst ist ein Generalunternehmer, die Gesellschaft für Centrifugentechnik mbH (CENTEC) in Bergisch-Gladbach (Bensberg) bei Köln. An dieser Gesellschaft sind Partner in den drei Ländern auch jeweils zu einem Drittel beteiligt. In Deutschland ist dies die Gesellschaft für nukleare Verfahrenstechnik (GnV) in Bensberg, deren Anteile je zur Hälfte Interatom und MAN halten. In den beiden anderen Ländern sind es die gleichen Gruppen, die auch an der Anreicherungsorganisation beteiligt sind: die UCN und die BNFL. An den Arbeiten der BNFL nimmt insbesondere die Firma Rolls Royce teil. Die unterschiedliche industriepolitische Konzeption der drei Länder kommt auch darin zum Ausdruck, daß nur bei den deutschen Partnern (Uranit und GnV) der Betreiber und der Hersteller verschiedenen industriellen Unternehmen zugehören[25].

Der Entwurf dieses Abkommens ist zuvor gemäß Artikel 103 des Euratom-Vertrages der Kommission der Europäischen Gemeinschaften vorgelegt worden, die in ihrer Stellungnahme ersuchte, dafür zu sorgen, daß im Rahmen dieses Abkommens auch das Partnerland, das der Gemeinschaft damals noch nicht angehörte, nämlich Großbritannien, den Euratom-Vertrag, soweit dessen Bestimmungen betroffen sind, beachtet.

(2) Die im Rahmen des Dreiländerabkommens geschaffenen Gesellschaften haben ihre Arbeit unverzüglich aufgenommen. Die dazu bei der Vierten Genfer Atomenergiekonferenz im August 1971 vorgelegten Berichte lassen den hohen Grad des Ver-

[25] Inzwischen ist die Organisation nicht zuletzt wegen der erwähnten Unausgewogenheit geändert worden. Für den Betrieb der von den URENCO-Partnerschaften produzierten Trennarbeit ist nunmehr die URENCO Ltd, Marlow, und für die Koordinierung der F+E-Tätigkeiten sowie den Verkauf von Technologie und Maschinen in nicht am trilateralen Projekt beteiligte Länder die CENTEC zuständig. Die URENCO UK baut und betreibt die Anreicherungsanlage in Capenhurst unter dem Management der BNFL, dagegen übt die URENCO NL die gleichen Funktionen für die Anlage in Almelo aus unter dem gemeinsamen Management der UCN und der URANIT. Eine weitere Anlage wird in der Bundesrepublik Deutschland – Gronau/Westfalen (s. u.) – errichtet.

trauens erkennen, das die Partner an diesem Abkommen in die Technologie der Ultrazentrifuge setzen.

Inzwischen hat auch für die URENCO die Phase der industriellen Realisation begonnen. Nachdem bereits 1966 Versuchs- und Prototypanlagen in Capenhurst und Almelo den Betrieb aufgenommen hatten, wurde im Januar 1974 beschlossen, an den beiden genannten Standorten zwei Anlagen mit einer Kapazität von 200 jato UTA zu bauen. Diese beiden Anlagen wurden am 25. Oktober 1977 gleichzeitig in Capenhurst und in Almelo in Betrieb genommen. Die unvermeidliche Protestdemonstration – 30000 Teilnehmer, darunter 500 Deutsche – fand Anfang März 1978 in Almelo statt.

Das gemeinsame Ausbauprogramm der URENCO sieht z.Z. (1981) eine Leistung von 2000 jato UTA vor, die bis Mitte der 80er Jahre in Betrieb gehen soll. Diese Kapazität wurde bereits Mitte der 70er Jahre langfristig unter Vertrag genommen und sollte ursprünglich 1982 erreicht sein. Aufgrund der Verzögerungen im Ausbau der Kernenergie ist inzwischen eine Streckung des Aufbaues der 2000 jato UTA-Kapazität erforderlich geworden (vgl. Übersicht 126). Die Bauarbeiten für die erste Tranche (400 jato UTA) der im Endausbau 1000 jato UTA erreichenden Anlage in Almelo und für die erste Hälfte der auf 430 jato UTA ausgelegten Anlage in Capenhurst wurden bis Ende 1980 weitgehend abgeschlossen. Diese beiden Anlageteile werden Ende 1982/Anfang 1983 ihre volle Leistung erreicht haben.

Im Rahmen des Ausbauprogramms wird aufgrund eines Gesellschaftervertrages der URENCO-Partner vom 24. August 1979 nun auch in der Bundesrepublik, und zwar in Gronau nahe der niederländischen Grenze (nur etwa 30 km von Almelo entfernt) eine Anreicherungsanlage gebaut werden. Das Land Niedersachsen hatte sich vergeblich um diese Anlage, »den begehrtesten Teil des Kernbrennstoff-Kreislaufs«, bemüht. Regierung und Parlament der Niederlande hatten bereits im Februar 1979 die erforderliche Zustimmung gegeben. Für Bau und Betrieb wird URENCO Deutschland unter dem Management der URANIT zuständig sein. Der Genehmigungsantrag für diese Anlage wurde 1978 gestellt. Die Bauarbeiten sollen 1981 aufgenommen werden. Man hofft, daß die erste Ausbaustufe 1983 abgeschlossen werden kann, nachdem die MUG GmbH (MAN-URANIT Gronau GmbH), eine Tochter der MAN und der Uranit, den Bau des Zentrifugenmontagewerkes bereits

1979 begonnen hat. Bis zum Jahr 1987 soll in Gronau eine Produktionskapazität von 200, gegebenenfalls sogar 400 jato UTA erreicht werden. Der Antrag auf atomrechtliche Genehmigung richtet sich auf eine Anlage mit einer Endleistung von 1000 jato UTA.

(3) Der weitere Ausbau der Anlagen der URENCO richtet sich nach der Bedarfsentwicklung (vgl. Übersicht 126, S. 600). Eine dergestalt flexible Planung ist möglich, da die Erweiterung einer Trennleistung auf Zentrifugenbasis jeweils weniger Zeit erfordert als der Bau eines Kernkraftwerks. Nach einer Mitteilung der URENCO Ltd vom Mai 1979 hatte dieses Unternehmen damals Lieferungen von 7300 t UTA an deutsche EVU und das britische CEGB unter Vertrag, die im Jahre 1982 beginnen sollten. Diese Lieferungen werden ausreichen, um 7 GWe Kernenergieleistung über zehn Jahre hinweg zu versorgen.

Wegen des besonderen energiewirtschaftlichen Interesses hat die Bundesregierung den deutschen Industriepartnern der URENCO Zuschüsse zum Bau der ersten Anlagen und Garantien zur Abdeckung der Betriebsrisiken in erheblichen Umfange – bis 1977 rund 700 Mio DM – gegeben. Sie wird die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf diesem Gebiete auch weiterhin fördern.

4.3.5.4 Zusammenfassung

Das Beispiel der Isotopentrennung zeigt, wie schwer es ist, selbst bei uneingeschränkt anerkannter Notwendigkeit zu einer europäischen Zusammenarbeit zu gelangen. Hemmend haben sich dabei die folgenden Umstände ausgewirkt:

- politische Vorbehalte und Prestigegesichtspunkte;
- Unterschiede in den Entscheidungskriterien und Industriestrukturen, insbesondere die Schwierigkeiten, die zu überwinden sind, um zu einer Kooperation zwischen staatlichen Kernenergieorganisationen und industriellen Unternehmen zu gelangen;
- konkurrierende Technologien mit zum Teil erheblichem industriellem Engagement.

Ist es besonders bedauerlich, daß den seit 1967 datierenden Bemühungen der Brüsseler Kommission, im Interesse der Sicherheit der Energieversorgung die interessierten Kreise zu einer umfassenden Zusammenarbeit beim Bau einer Anreicherungskapazität zu veranlassen, der Erfolg versagt blieb? Diese Frage ist schwer zu beantworten. Das »EURATOM-Konzept«

zielte auf die Errichtung eines einzigen Anreicherungsunternehmens für die damals noch nicht durch den Beitritt Großbritanniens erweiterte Gemeinschaft ab, ein Konzept, das insbesondere von Frankreich gefördert wurde wegen seines Vorsprungs in der Diffusionstechnik, aber auch, weil in diesem Lande die Vorstellung bestand, daß nur ein großes, mit Sonderrechten ausgestattetes Unternehmen die umfassende Versorgungsaufgabe zu lösen vermöchte. Dabei soll nicht unerwähnt bleiben, daß die Bundesregierung, bevor sie 1968 in Verhandlungen mit den Regierungen Großbritanniens und der Niederlande über eine Zusammenarbeit bei der Entwicklung der Ultrazentrifugentechnik eintrat, vergeblich versucht hatte, mit der französischen Regierung zu einer Zusammenarbeit auf der Grundlage der Technik der Gasdiffusion zu gelangen. Damals war die französische Regierung nicht dazu bereit[26].

Zur Verwirklichung dieses Konzeptes ist es nicht gekommen. Stattdessen wurden zwei, auf verschiedenen Techniken basierende und jeweils von mehreren Ländern getragene Unternehmen – EURODIF und URENCO – gegründet, die in hartem, durch Abnahmeverpflichtungen der in einigen Ländern betriebenen staatlichen Elektrizitätsunternehmen noch verschärftem Wettbewerb miteinander stehen. Das Risiko für die Betreiber hat sich damit ebenso erhöht wie die Aussicht auf wirtschaftliche Betriebsführung und auf angemessene Trennarbeitspreise, die von einem Unternehmen mit abgesicherter Monopolstellung kaum hätten erwartet werden können. Ein Stück Europa ist auf der Strecke geblieben.

4.3.6 Andere Anreicherungsanlagen und -vorhaben

4.3.6.1 Die Anreicherungsanlagen der kommunistischen Länder

Nach den vorliegenden Informationen soll die Sowjetunion über eine Anreicherungskapazität zwischen 7000 und 10000

[26] Der über lange Zeit hinweg für die Außenbeziehungen des CEA zuständige Bertrand Goldschmidt hat dies in seinem Buch »Le Complexe Atomique« (Fayard, 1980) bestätigt. In bemerkenswerter Kürze begründet er die französische Weigerung mit den Worten »...l'affaire n'était pas mûre, à haut niveau tout au moins« (die Angelegenheit war noch nicht reif, wenigstens noch nicht auf der höheren Ebene, S. 388), um später (S. 390) festzustellen: »Schließlich gab General de Gaulle seine Zustimmung und (der damals zuständige Minister) Galley begab sich nach Deutschland, um seinem deutschen Kollegen Gerhard Stoltenberg den Bau einer auf beiden Seiten des Rheins zu errichtenden europäischen Anreicherungsanlage nach dem Gasdiffusionsverfahren vorzuschlagen ... Die schmeichelhafte Hoffnung auf eine deutsche Zusage zerschlug sich mit der Antwort Stoltenbergs 14 Tage später.«

jato UTA verfügen. In der gleichen Lage wie die USAEC, die die nach dem Kernwaffenstopp freigewordenen Anreicherungskapazitäten auslasten wollte, bemüht sich die Sowjetunion seit einigen Jahren, Lohnanreicherungen auf dem Markt der westlichen Welt unterzubringen. Nach sowjetischen Quellen hat die Handelsorganisation Techsnabexport bis zum März 1977 Anreicherungsverträge über insgesamt 12000 t UTA bei Laufzeiten bis 1990 mit Ländern Westeuropas kontraktiert, so mit Abnehmern in Frankreich (insbesondere Fessenheim), der Bundesrepublik (RWE/Mülheim-Kärlich und Biblis B; GfK/Nachladung für Niederaichbach[27]; TWS und Neckarwerke/Neckarwestheim), Italien, Belgien und Schweden[28]. Darüber hinaus hat die NUKEM eine Option auf wenigstens 1350 t UTA für die Erstausstattung von Kernkraftwerken in der Bundesrepublik erhalten. Dabei war die Sowjetunion bisher stets bereit, die Liefer- und Zahlungsbedingungen der USAEC/ERDA/DOE zu übernehmen, aber um ein geringes – etwa 5% – unter den Preisen zu bleiben, die der US-amerikanische Anbieter in Rechnung stellt.

Die Sowjetunion hat beim Abschluß dieser Verträge nach längerem Sträuben auch erstmalig akzeptiert, daß eine Dienststelle der Europäischen Gemeinschaft, nämlich die durch den EURATOM-Vertrag geschaffene EURATOM-Versorgungsagentur, vertreten durch ihren Generaldirektor F. Oboussier, als Vertragspartner auftritt. Nach Art. 64 des EURATOM-Vertrags hat diese Agentur das ausschließliche Recht, Abkommen über den Bezug von besonders spaltbaren Stoffen aus Drittländern abzuschließen. Zugleich erkennt die Sowjetunion mit diesen Lieferzusagen an, daß die EURATOM-Sicherheitskontrolle

[27] Inzwischen stillgelegt.

[28] Nach dem Referendum hat die österreichische Gemeinschaftskraftwerk Stein GmbH, nunmehr in Liquidation, ihren im Mai 1974 abgeschlossenen Anreicherungsvertrag mit der Techsnabexport bei Zahlung eines Verlustersatzes von 5 Mio US-$ annulliert. Dieses Uran hat dann noch einigen Wirbel verursacht, weil verkürzt und daher mißverständlich behauptet wurde, die USA hätten angereichertes Uran südafrikanischen Ursprungs aus der Sowjetunion bezogen. Tatsächlich war folgendes geschehen: Der österreichische Betreiber hatte das Natururan in Südwestafrika/Namibia gekauft, in der Sowjetunion anreichern und von der Reaktor-Brennelement-Union in Hanau zu Brennelementen für Zwentendorf verarbeiten lassen. Nach dem Volksentscheid verkaufte der Betreiber das nicht mehr benötigte Uran an die US-amerikanische Rochester Utility weiter, die es bei der EXXON Nuclear im Staate Washington erneut zu Brennelementen verarbeiten ließ. Das US State Dept. gab dazu der UdSSR die vorgeschriebene Erklärung, dieses Uran werde nur für friedliche Zwecke genutzt.

(s. S. 900f.) eine ausreichende Garantie gegen den Mißbrauch des zu liefernden angereicherten Urans bietet.

4.3.6.2 Südafrika, Kanada, Australien, Japan und Brasilien

Offenbar in dem Bestreben, das in ihren Ländern abgebaute Uran an Ort und Stelle zu veredeln, wollen Südafrika, Kanada, Australien, Japan und nun auch Brasilien Anreicherungsanlagen bauen.

(1) *Südafrika:* Die Uranium Enrichment Corporation of South Africa Ltd. (UCOR) will in der zweiten Hälfte der 80er Jahre eine Anlage mit einer Kapazität von bis zu 400 jato UTA in Betrieb nehmen. Das Verfahren – die Helikon-Kaskadentechnik – ist eine Variante des deutschen Trenndüsenverfahrens. Die schon vor vielen Jahren begonnene Zusammenarbeit zwischen der UCOR und der in dieser Technik engagierten deutschen STEAG hat im Herbst 1975 zu den erwarteten politischen Auseinandersetzungen geführt. In der Folgezeit hat Südafrika diese Technik dann auch eigenständig weiterentwickelt (s. S. 588, Fußnote). Die im Juli 1979 endgültig von den USA ausgesprochene Weigerung, 12 kg hochangereichertes Uran für den Betrieb des Reaktors Safari I in Pelindaba zu liefern verbunden mit der Entscheidung, die geleistete Anzahlung zurückzuerstatten, gab dem südafrikanischen Anreicherungsprojekt einen entscheidenen Impuls, zumal keine andere Versorgungsquelle gefunden werden konnte. Im Juni 1981 wurde mitgeteilt, daß der Versuchsreaktor Safari I mit nunmehr 25% seiner auf 20 MW ausgelegten Kapazität mit in Südafrika angereichertem Uran betrieben werden könne.

(2) *Kanada* ist an der Errichtung einer Anreicherungsanlage mit einer Kapazität von etwa 9000 jato UTA interessiert, die die großen Wasserkraftreserven dieses Landes nutzt. Für diese von der Brinco Ltd. projektierte Anlage nach dem Gasdiffusionsverfahren mit einer Leistung von 9000 jato UTA wird als Bauherr ein internationales Konsortium in Aussicht genommen. Über eine Zusammenarbeit mit den Vereinigten Staaten und/oder Frankreich wird verhandelt. Eine spätere Beteiligung Japans oder der Bundesrepublik wird in Erwägung gezogen.

Nach jüngsten Nachrichten wird dieses Projekt zurückgestellt oder gar aufgegeben werden, da der kanadische Bedarf wegen der angewandten Schwerwasser-Technologie gering ist und Kanada sich andererseits einen guten Natururanabsatz ver-

spricht, weil die drei anderen großen Uranproduzenten-Länder – USA, Südafrika und Australien – Anreicherungsanlagen betreiben, bauen oder bauen wollen und damit als Natururanlieferanten ausscheiden möchten.

(3) Auch *Australien* prüft die Möglichkeit des Baus einer Anreicherungsanlage. Wie der australische Minister for Minerals and Energy, R. Connor, im Mai 1974 bekanntgab, werden die Uranvorkommen dieses Erdteils in den 80er Jahren für den Export zur Verfügung stehen, dann aber nur als angereichertes Uran. Diese kategorische Aussage wurde nach dem Regierungswechsel im Sommer 1975 nicht wiederholt. Die Regierung des Bundesstaates Südaustralien befaßt sich seit dem Oktober 1979 mit dem Projekt einer Anreicherungsanlage und hat deshalb mit der URENCO und der BNFL Verbindung aufgenommen. Inzwischen ist der Plan, eine solche Anlage zu bauen, von der australischen Bundesregierung und von anderen Bundesländern aufgegriffen worden. Es kam zur Gründung eines Industriekonsortiums zur Verwirklichung einer solchen Anlage, der Uranium Enrichment Group of Australia (UEGA).

(4) In *Japan* wurde am 12. Dezember 1979 eine kleine Versuchsanlage mit 1000 Gaszentrifugen und 50 jato UTA Leistung in Betrieb genommen. Die Bauarbeiten für eine Prototyp-Anreicherungsanlage nach dem Trenndüsenverfahren mit 250 jato UTA Leistung werden in Kürze aufgenommen werden. Die japanischen EVU beabsichtigen die Gründung einer Gesellschaft, die in etwa drei Jahren den Bau einer Trennanlage von 3000 jato UTA in Angriff nehmen soll.

(5) Wie bereits an anderer Stelle erwähnt, wurden im Rahmen des am 27. Juni 1975 unterzeichneten Zusammenarbeitsabkommens zwischen Deutschland und *Brasilien* auch die Weiterentwicklung des Trenndüsenverfahrens und der Bau einer nach diesem Verfahren betriebenen Anlage vereinbart. Dieses vom Kernforschungszentrum Karlsruhe und von der STEAG entwickelte, bisher im Schatten stehende Verfahren könnte damit seinen Durchbruch erleben.

4.3.7 Perspektiven der Deckung des Trennarbeitsbedarfs der westlichen Welt

In den kommenden Jahrzehnten wird sich die Versorgungsbilanz der »westlichen Welt« mit Trennarbeit voraussichtlich wie folgt entwickeln (Übersicht 128):

Übersicht 128: Voraussehbare Bilanz der Versorgung der »westlichen Welt« mit Trennarbeit (jeweils 1000 jato UTA)

Jahr	Angebot	Nachfrage	Deckung
1980	29,75	17,3 bis 18,8	+ 11,7
1982	37,5	20,8 bis 22,3	+ 16,0
1985	41 bis 43	30,9 bis 38,0	+ 7,6
1990	49 bis 70	45,5 bis 66,0	− 2,6

In diese vergleichende Zusammenstellung (Übersicht 128) sind eingesetzt:
- als Angebot die in Übersicht 126 gegebenen Daten zuzüglich Lieferungen aus der Sowjetunion von 3000 jato UTA;
- als Nachfrage die aus Übersicht 125 sich ergebenden Mengen für den Bedarf der »westlichen Welt«;
- als Deckung die Differenz zwischen den jeweiligen Mittelwerten.

Die lange Zeit gehegte Besorgnis, daß eines Tages nicht genügend Trennanlagen zur Verfügung stehen, um den steigenden Bedarf zu decken, ist also nicht mehr begründet. Die zahlreichen, flexibel angelegten Bauvorhaben werden zu einem recht diversifizierten Angebot führen und die zur Zeit noch bestehende monopolistische Angebotsstruktur des Trennarbeitsmarktes beseitigen. Einen Eindruck von den zu erwartenden Änderungen vermittelt Abb. 75.

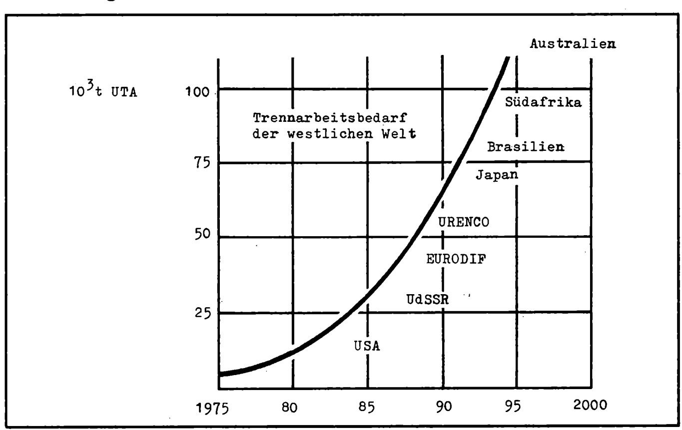


Abb. 75: Versorgungsquellen für angereichertes Uran. (Nach: URANIT, aufgrund einer Idee von E. Keltsch)

Vornehmlich zur Vermeidung von Reaktionen mit dem umlaufenden Kühlmittel muß der Brennstoff in Reaktoren umhüllt sein. Als Hüllenmaterial (cladding) verwendet man bei Leichtwasser-Reaktoren in erster Linie die Zirkonium-Legierung Zirkaloy, bei Hochtemperatur-Reaktoren Graphit (im Falle des Schulten-Reaktors als Graphitkugeln, die die coated particles einschließen) und bei Schnellen Brutreaktoren Edelstahl. Die Brennelementefertigung erfordert ein hohes Maß an Präzision, daher geht die Umstellung auf Serienfertigung nur schrittweise voran.

An den auf die kWh bezogenen Kosten für den Brennstoffzyklus nimmt die Brennelementefertigung mit etwa 9% teil.

Die gegenwärtige Struktur der Brennelementeindustrie ist durch traditionelle Lieferbindungen an Reaktorhersteller und – in geringerem Maße – an Reaktorbetreiber gekennzeichnet. In Westeuropa lassen diese Bindungen die Bildung optimaler Fertigungskapazitäten vorläufig nicht zu. Übersicht 129 zeigt dies recht deutlich.

Übersicht 129: Die Hersteller von Brennstoffelementen in Westeuropa

Land	Firma	Muttergesellschaften	Bemerkungen
Deutschland (BR)[b]	RBU[a]	NUKEM, KWU	DWR-Elemente
	NB	Gelsenberg, STEAG, Westinghouse	im Aufbau/LWR-Elemente
	BBR	Babcock, BBC	im Aufbau/LWR-Elemente
	NUKEM	Degussa, Metallges., RWE, Rio Tinto Zinc	Elemente für Forschungs- u. Hochtemperatur-Reaktoren
	ALKEM	KWU, NUKEM	Pu-haltige Brennstäbe
	HOBEG	NUKEM, später auch Gulf	HTR-Elemente

Land	Firma	Muttergesellschaften	Bemerkungen
Frankreich	CERCA	Schneider, Péchiney-Ugine-Kuhlmann	Westinghouse-Lizenzen und GGR-Elemente
	SFC	Cogéma, Framatome	DWR-Elemente
	SICN	CGE, Péchiney-Ugine-Kuhlmann	GE-Lizenzen u. GGR-Elemente
Italien	Fabbr. Nucl.	IRI, General Electric	
	COREN	Westinghouse, FIAT, Breda	
Belgien	MNN	Union Minière, Société Générale, Hoboken u.a.	DWR-Elemente
	BelgN	zahlreiche belgische Firmen	Pu-haltige Elemente
	FBFC	Eurofuel, MMN, Westinghouse	im Aufbau / LWR-Elemente
Niederlande	Interfuel	RCN, Shell	
Großbritannien	BNFL	UKAEA	vor allem Magnox-Elemente
Schweden	ASEA-Atom	Schwed. Staat, ASEA	
Spanien	ENUSA	Spanischer Staat	im Aufbau

[a] RBG und KRT wurden mit Wirkung vom 1. 10. 1974 zur RBU zusammengelegt.

[b] Im Oktober 1976 teilte die Exxon Nuclear Corp. Inc., Bellevue (Wash.), mit, nach dem Muster der in Richmond schon in Betrieb befindlichen Anlage werde sie eine Brennelementefabrik, die Exxon Nuclear GmbH., in Lingen/Ems errichten. Mit einer vorgesehenen Kapazität von 180 jato ist diese Anlage im Bau.

Erklärung der Abkürzungen in vorstehender Übersicht:

ALKEM ALKEM (früher Alpha-Chemie u. Metallurgie) GmbH, Wolfgang (Hanau)
ASEA-Atom ASEA-Atom, Västeras/Schweden
BBR (Babcock-)Brown Boveri Reaktor GmbH, Mannheim

BelgN	Belgonucléaire, Brüssel, Mol und Dessel/Belgien
BNFL	British Nuclear Fuels Ltd., Risley
CERCA	Compagnie pour l'Etude et la Réalisation de Combustibles Atomiques, Paris, Bonneuils/Marne/Frankreich (Fertigungsstätte in Romans)
CGE	Compagnie Générale d'Electricité, Paris/Frankreich
COREN	Combustibili per Reattori Nucleari SpA, Saluggia/Italien
ENUSA	Empresa Nacional del Uranio SA., Spanien
Eurofuel	Eurofuel S. A., Paris, Gesellschafter: Péchiney – Ugine – Kuhlmann, Westinghouse, Framatome und Creusot-Loire
Fabb. Nucl.	Fabbricazione Nucleari, Busallo/Italien
FBFC	Franco-Belge de Fabrication de Combustible S. A., Dessel/Belgien
Gulf	Gulf Energy and Environmental Systems, San Diego/Calif.
HOBEG	Hochtemperaturreaktor-Brennelement GmbH, Großauheim/Wolfgang bei Hanau
Interfuel	Interfuel NV., Niederlande
IRI	Istituto per la Reconstruzione Industriale, Rom/Italien
KRT	Kernreaktorteile GmbH, Großwelzheim (in RBU aufgegangen)
MMN	Metallurgie et Mechanique Nucléaires, Dessel/Belgien
NB	Nuklear-Brennstoff GmbH, Essen
NUKEM	NUKEM GmbH, Wolfgang (Hanau)
RBG	Reaktor-Brennelemente GmbH, Wolfgang bei Hanau (in RBU aufgegangen)
RBU	Reaktor-Brennelement Union GmbH, Wolfgang (Hanau)
RCN	Reactor Centrum Nederland, Petten/Niederlande
SFC	Societé Framatome et Cogéma, Courbevoie/Frankreich
SICN	Société Industrielle de Combustible Nucléaire Neuilly; Annecy/Frankreich

Übersicht 130: Entwicklung der Fertigungskapazität für LWR-Elemente (in 1000 t Schwermetall/Jahr)

	1975	1978	1985[a]
Deutschland (BR)	670	1000	2000
Frankreich	200	220	> 1100
Italien	300	300	≧ 600
Großbritannien	100	100	≧ 100
BENELUX	230	430–630	800–1400
Dänemark	–	–	200–400
Schweden	250	400	≧ 450
Spanien	–	300	800
USA	2750	3350	8200
Japan	910	910	≧ 910
»Westl. Welt«	5410	7110	> 15560

[a] projektiert, in einigen Ländern wurden die Ausbaupläne gestreckt

Quelle: NEA-IAEA-Bericht ›Uranium ...‹, Dez. 1975.

Eine installierte nukleare Leistung von 1000 MWe benötigt jährlich etwa 35 t Uran Nachladungen. In der Bundesrepublik Deutschland reicht die gegenwärtige Fertigungskapazität für Brennelemente aus zur Versorgung von rund 35 GWe und bei vollem Ausbau von rund 70 GWe. Bei einer Ende 1978 installierten Kernenergieleistung von 33,2 GWe (36,7 GWe am 31. Dezember 1980) verfügte Westeuropa zum gleichen Zeitpunkt über Fertigungskapazität für Brennelemente von 2850 jato, ausreichend zur Versorgung einer Leistung von über 80 GWe. Ausgenommen Belgien und Schweden folgt der Ausbau der Kapazitäten nun im wesentlichen der Entwicklung des Inlandsbedarfs. Der innereuropäische Austausch wird sich daher in engen Grenzen halten (vgl. Übersicht 130).

Der Report on Nuclear Fuel Cycle Requirements der Nuclear Energy Agency (NEA) der OECD vom März 1978 nennt für die gesamte »westliche Welt« die folgende Entwicklung der erforderlichen Fertigungskapazität für Brennelemente, und zwar unter der hier nicht besonders ins Gewicht fallenden Hypothese eines Verzichts auf Recycling:

1985	11000–15000 jato Schwermetall
1990	19000–28000 jato Schwermetall
1995	28000–48000 jato Schwermetall
2000	38000–74000 jato Schwermetall

Die unteren Schätzwerte geben den gegenwärtigen Trend wieder, die oberen Schätzwerte entsprechen einer von der NEA durchaus für möglich gehaltenen und von ihr zugleich befürworteten beschleunigten Entwicklung.

4.5 Entsorgung (Wiederaufarbeitung, Abfallbeseitigung)

4.5.1 Rechtfertigung einer Wiederaufarbeitung (Wiederaufbereitung) abgebrannter Brennelemente

Abgebrannte Brennelemente werden aufgearbeitet (aufbereitet), um den noch unverbrauchten Kernbrennstoff und das erbrütete Plutonium (wieder) zu gewinnen[29] und um die nicht wieder verwendbaren Spaltprodukte abzutrennen und später sicher zu

[29] Die Jahresausbringung der ursprünglich in Gorleben vorgesehenen Wiederaufarbeitungsanlage hätte, wiedereingesetzt in herkömmliche Leichtwasserreaktoren, in ihrem Energieinhalt 40 Mio t SKE entsprochen.

lagern. Somit sprechen sowohl ökologische als auch energiewirtschaftliche Gründe für diesen wichtigen Schritt im Brennstoffkreislauf. Die ökologische Rechtfertigung ist letzthin in Deutschland immer mehr in den Vordergrund getreten, und zwar aus den folgenden drei Gründen:

Erstens: durch die Wiederaufarbeitung, d.h. die Abtrennung von Uran und Plutonium aus den bestrahlten Kernbrennstoffen, wird das Gefährdungspotential der verbliebenen und endgültig zu lagernden radioaktiven Abfälle reduziert. Es wird dadurch möglich, diese Abfälle angepaßt zu behandeln und endgültig zu lagern. Schwach- und mittelradioaktive Abfälle werden zementiert und in Fässern untergebracht, hochradioaktive Abfälle verglast und in dieser Form gelagert.

Zweitens: Die Abtrennung der wiederverwendbaren Kernbrennstoffe erleichtert die Endlagerung der radioaktiven Abfälle, da zumindest die Hälfte der Spaltprodukte und langlebigen Wärmeentwickler aus den bestrahlten Brennstoffen entfernt sind, so daß nur nichtwiederverwendbare Abfälle in nichtrück-

Übersicht 131: Änderungen des Spaltstoffinhalts der Brennelemente von Leichtwasser-Reaktoren

Nach: B. Bergmann und H. Krämer aufgrund von Daten der USAEC (Angaben in g bezogen auf 1000 g eingesetztes Uran)

Reaktor Abbrand in MWd/kg	Siedewasser-Reaktoren 27,5			Druckwasser-Reaktoren 33,0		
	frisch-	abgebrannt	Änderung	frisch	abgebrannt	Änderung
U_{238}	974,4	953,0	− 21,4	967,0	945,0	− 22,0
U_{236}	–	3,3	+ 3,3	–	1,2	+ 1,2
U_{235}	25,6	6,2	− 19,4	33,0	8,6	− 24,4
U insgesamt			− 37,5		− 45,2	
Pu_{239}	–	4,0	+ 4,9	–	5,3	+ 6,5
Pu_{241}	–	0,9		–	1,2	
Pu_{240}	–	2,1	+ 2,5	–	2,4	+ 2,8
Pu_{242}	–	0,4		–	0,4	
Pu insgesamt			+ 7,4			+ 9,3
andere Aktinide	–	0,4–0,7	+ 0,5		0,5–0,7	+ 0,6
Spaltprodukte	–	28,0	+ 28,0		32,5	+ 32,5
Gesamtgewicht	1000	998,5	− 1,6	1000	997,2	− 2,8

holbarer Form gelagert zu werden brauchen. Zudem gestattet die geringere Wärmeentwicklung eine vereinfachte Lagerung.

Drittens: Die möglichst schnelle Rezyklierung des Plutoniums mit dem Ziel der Einsparung von Kernbrennstoffen reduziert drastisch die Mengen zugänglichen Plutoniums. Das Entstehen einer »Plutoniummine« im Endlager wird somit vermieden.

Übersicht 131 zeigt typische *Spaltstoffbilanzen* für Leichtwasserreaktoren. In diesen Bilanzen sind für die frisch eingesetzten und für die (normal) bestrahlten (abgebrannten) Brennelemente die Zusammensetzungen nach chemischen Elementen und deren Isotopen einander gegenübergestellt.

Die abgebrannten Brennelemente eines Leichtwasser-Reaktors enthalten danach Uran in nahezu natürlicher Anreicherung. Je 1000 g als angereichertes Uran eingesetztem Brennstoff enthalten sie außerdem zwischen 5 und 9 g spaltbares Plutonium (Pu_{239} und Pu_{241}), einige andere Aktinide (Transplutonium-Elemente) und etwa 30 g Spaltprodukte (Elemente mittlerer Massenzahlen, die bei ihren verzögerten Umwandlungsprozessen Nachwärme freisetzen). Die im Reaktor erzeugte Wärme von 27,5 bzw. 33,0 MWd/kg Uran entspricht nach Einstein einem Massendefekt von 26,4 bzw. 31,8 mg, erklärt also nur einen recht kleinen Anteil der in der Übersicht ausgewiesenen, vor allem durch Verluste bei der Wiederaufarbeitung hervorgerufenen Gewichtsdifferenz von 1,6 bzw. 2.8 g.

Übersicht 132: Kumulierter Gesamtbedarf der »westlichen Welt« an Natururan zwischen 1977 und 2025 in Mio t

langfristige Reaktorstrategie	»present trend«	»accelerated«
LWR »once through«	9,0	20
LWR mit Recycling	5,8	13
LWR + HTR mit leicht angereichertem Uran	7,6	17
LWR + HTR mit hoch angereichertem Uran	7,4	16
LWR + HTR + SNR, Verdoppelungszeit: 12 Jahre	5,5	7,0 bis 8,0
LWR + HTR + SNR, Verdoppelungszeit: 30 Jahre	5,5	9,0 bis 10,5

Quelle: s. Text

Welche Einsparungen an Kernbrennstoffen durch eine Wiederaufarbeitung der abgebrannten Brennelemente und anschließendes Wiedereinsetzen des gewonnenen Resturans und des Plutoniums in thermische Reaktoren und vor allem in Schnelle Brutreaktoren erreicht werden können, zeigt eindrucksvoll der Report on Nuclear Fuel Cycle Requirements vom März 1978 der Nuclear Energy Agency (NEA) der OECD, dessen Ergebnisse Übersicht 132 zusammenfaßt.

Der von der OECD – unter der Hypothese einer von dieser für möglich erachteten und auch befürworteten beschleunigten Entwicklung (»accelerated«) – für das Zieljahr selbst (2025) errechnete Bedarf ließe sich durch die Wahl der Reaktorstrategie reduzieren von 990000 t für *»LWR once through«* (eine LWR-Reactor-only-Strategie ohne Wiederaufarbeitung und damit auch ohne Brüter) bis auf minimal 40000 t für eine *optimale Drei-Reaktor-Strategie* bei zwölf Jahren Verdoppelungszeit. Dies demonstriert besonders deutlich die Möglichkeiten einer Einsparung von Kernbrennstoffen, die eine Wiederaufarbeitung und der Einsatz von Schnellen Brütern erschließen.

4.5.2 Verfahren, Kosten und Wirtschaftlichkeit einer Wiederaufarbeitung

4.5.2.1 Verfahren

Die Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente (vgl. Abb. 76) erfolgt heute und wohl auch in absehbarer Zukunft so gut wie ausschließlich auf naß-chemischem Wege. Erfahrungen vornehmlich mit dem weithin angewandten PUREX-Verfahren (Plutonium – Uran – Reduction and Extraction) liegen seit mehr als 25 Jahren vor. Trockene und pyrometallurgische Verfahren haben sich, bisher jedenfalls, nicht durchsetzen können.

Die abgebrannten Brennelemente von Leichtwasser-Reaktoren – gegenwärtig sind diese fast allein von Bedeutung – werden zunächst für einige Monate in einem Wasserbecken beim Reaktor gelagert, damit die Strahlung abklingt. Es folgt – gegebenenfalls über ein »Zwischenlager« – der in vielfacher Hinsicht abzusichernde Transport in einem Spezialbehälter zur Wiederaufarbeitungsanlage. Dort werden die Elemente zerlegt. Abstandshalter und Hüllrohr-Enden werden mechanisch abgetrennt oder bleiben bei der Auflösung des Brennstoffs in Salpetersäure zurück. Alsdann trennt man Uran und Plutonium

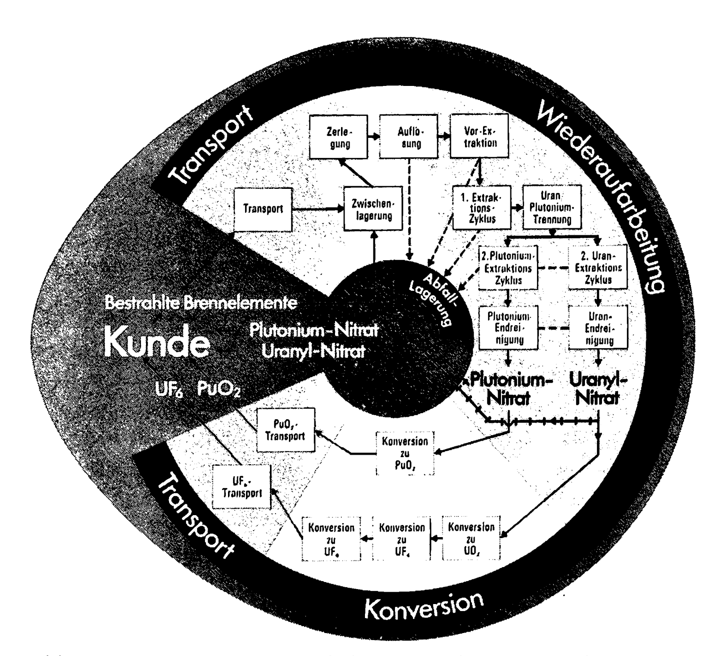


Abb. 76: Die mit der Wiederaufarbeitung verbundenen Arbeitsprozesse. (Nach: United Reprocessors.)

von den Spaltprodukten in einem mehrstufigen Extraktionsprozeß mittels eines Gemisches von Tributylphosphat und Kerosin. Nach einer abschließenden Reinigung fallen als Endprodukte der Wiederaufarbeitung Uranylnitrat und Plutoniumnitrat an, die als Oxide wieder zur Fertigung von Brennelementen verwendet werden.

Die Wiederaufarbeitung muß in »heißen Zellen« hinter starken Betonwänden vorgenommen werden, da der Brennstoff noch stark strahlungsaktiv ist. Dieser Prozeß ist daher recht aufwendig.

Aus betriebswirtschaftlicher Sicht ist für einen Reaktorbetreiber die Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente nur dann von Vorteil, wenn der Verkaufserlös der wiedergewonnenen Spaltstoffe, insbesondere des Plutoniums, aber auch des Urans, höher ist als der Wiederaufarbeitungspreis zuzüglich der sonstigen damit verbundenen Kosten. Sonst wird er auf die Wiederaufarbeitung verzichten oder diese zurückstellen. Schon

aus diesem Grunde besteht ein Interesse daran, die *Kosten* der Wiederaufarbeitung auf ein Niveau abzusenken, das die Wiederaufarbeitung lohnt. Dieses Kalkül für sich allein genommen läßt indessen das dominierende Sicherheitsinteresse der Bevölkerung an einer Wiederaufarbeitung der Brennelemente außer Betracht. Die Wiederaufarbeitung wird in Deutschland nach wie vor als langfristig unverzichtbarer Schritt auch und insbesondere zur ökologisch sinnvollen »Entsorgung« angesehen.

Wenn in der Vergangenheit Brennelemente in größeren Mengen aufbereitet wurden, so geschah dies vor allem, um Plutonium für die Waffenfertigung zu gewinnen. Dabei ist zu beachten, daß bei kurzen Verweilzeiten im Reaktor die Plutoniumausbeute insgesamt zwar gering, der Anteil des spaltbaren Plutoniums an der Gesamtplutoniummenge aber recht hoch ist[30]. Nur solches »weapongraded Plutonium« ist als Atomsprengstoff geeignet. Mit dieser Aufgabenstellung wurden beispielsweise die »plutonogenen Reaktoren« in Calder Hall (England) und Marcoule (Frankreich) konzipiert und gefahren. Man schätzt, daß in den Waffenarsenalen derzeit weltweit etwa 300 t waffengeeignetes Plutonium gelagert sind.

4.5.2.2 Kosten und Wirtschaftlichkeit

Auf keinem anderen Gebiet der Kernenergiewirtschaft haben sich die Daten und Perspektiven in den letzten Jahren so grundlegend geändert wie auf dem Gebiet der Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente. Dies ist der Fall, obgleich nach wie vor die Auffassung gilt, daß eine Wiederaufarbeitungsanlage für Elemente von Leichtwasser-Reaktoren eine Kapazität von 1000, besser noch 1500 jato aufweisen soll (heute richtiger wohl: sollte), ausreichend für eine Kernenergieleistung von 30 bis 45 GWe.

Im Jahre 1972 erwartete man Gesamtkosten für die Wiederaufarbeitung von LWR-Elementen in Höhe von etwa 250 DM/kg Uran, und zwar unter Einschluß der Kosten für den Transport der bestrahlten Brennelemente zur Wiederaufarbeitungsanlage und der Kosten für die Konversion des dort anfallenden

[30] Es werden erzeugt:
- in einem plutonogenen Reaktor bei bis zu 2 MWd/t eingesetztem Brennstoff: ca 7 g Waffenplutonium je kg aufgearbeitetem Brennstoff, das Pu mit nur wenigen % Pu 240;
- in einem LWR bei 20 bis 32 MWd/t eingesetztem Brennstoff: ca. 9,5 g Pu je kg aufgearbeitetem Brennstoff, das Pu mit einem Anteil von 20 bis 30% Pu 240.

Uranylnitrids in Uranhexafluorid. (Wenige Jahre vorher hatte man die Kosten noch auf rund 100 DM/kg Uran veranschlagt.) In Preisen und Wechselkursen des Jahres 1972 ergaben sich folgende Erlöse für die bei der Wiederaufarbeitung anfallenden Spaltstoffe:

- BWR-Elemente etwa 120 DM/kg U
- PWR-Elemente etwa 190 DM/kg U

Das führte zu Fehlbeträgen von 130 bzw. 60 DM/kg Uran, wenn man die durch die Behandlung und Endlagerung der abgebrannten Elemente bzw. radioaktiven Abfälle entstehenden Kosten außer acht läßt.

Die seit 1972 registrierte Entwicklung der Preise und Wechselkurse hat die Lage von Grund auf geändert. H. Mandel teilte auf dem Symposium »Entsorgung der Kerntechnik« am 19./20. Januar 1976 in Mainz folgende Bilanz der Wiederaufarbeitung mit (Übersicht 132 a)

Übersicht 132 a: Aufwands- und Ertragsrechnung der Wiederaufarbeitung Preis- und Kostenperspektiven, wie sie Anfang 1976 gesehen werden, Beträge in DM/kg Uran

Aufwendungen		*Vergütungen und Mehrkosten*	
Wiederaufarbeitung		Einsparung von Uran	480
(einschl. Transporte)	510	Einsparung von	
Behandlung der Abfälle	300	Trennarbeit	230
Endlagerung	90		710
		abzügl. Mehrkosten der Brennelementfertigung	170
			540
		Saldo	360
	900		900

In der Stromkostenkalkulation für die Grundlast entsprechen 360 DM/kg Uran 0,16 DPfg/kWh. (vgl. Übersicht 97, S. 409)

Quelle: H. Mandel in Deutsches Atomforum, Entsorgung der Kerntechnik, Bericht über das Symposium im Januar 1976 in Mainz, S. 32

Durch die seitherige Entwicklung sind die hier genannten Kenndaten überholt. Verläßliche neue Kostenschätzungen liegen derzeit nicht vor und sind auch kaum möglich wegen der Unsicherheiten, mit welchen das Vorhaben »Entsorgungszen-

trum Gorleben« oder dessen jeweils aktuelle Alternative belastet ist. Um das Ausmaß der Auswirkungen der zu erwartenden Kostensteigerungen einzugrenzen, kann daher nur auf folgendes hingewiesen werden: Die oben angegebene Summe der »Aufwendungen« (900 DM/kg Uran) entspricht anteiligen Stromerzeugungskosten von 0,40 DPfg/kWh. Hiervon sind 540 DM oder 0,24 DPfg abzusetzen als Gegenwert der Einsparungen an Uran und Trennarbeit unter Berücksichtigung der Pönale für die Fertigung von Pu-Brennelementen, so daß sich der erwähnte Saldo von 360 DM entsprechend 0,16 DPfg ergibt. Wird nun in äußerstenfalls vorstellbarer Hypothese angenommen, daß die Summe der »Aufwendungen« sich verzweieinhalbfacht, d.h. von 900 auf 2250 DM steigen wird, so führt dies nach der gleichen Regel zu einer Erhöhung der Stromerzeugungskosten um 0,60 DPfg/kWh. Dieser Betrag wäre zu vergleichen mit dem derzeitigen Kostenvorsprung der Kernstromerzeugung vor der Kohlestromerzeugung von 4,7 bis 4,9 DPfg/kWh in der Grundlast. Diese kleine Rechnung zeigt, daß auch eine erhebliche Steigerung der »Aufwendungen« für die Entsorgung die Wettbewerbsfähigkeit der Kernenergie keineswegs in Frage stellen wird.

Es ist festzuhalten, daß – verglichen mit einer langfristigen Lagerung der abgebrannten Brennelemente – die Wiederaufarbeitung aus heutiger Sicht keineswegs ein in betriebswirtschaftlichem Sinne »lohnendes Geschäft« ist oder wenigstens mittelfristig lohnend zu werden verspricht. Wenn gleichwohl überwiegend – und in der Bundesrepublik als offizielles Entsorgungskonzept – die Auffassung vertreten wird, es sei richtiger, die bestrahlten Brennelemente nicht längerfristig oder gar endgültig einzulagern, sondern wiederaufzuarbeiten, so wird dies mit drei Gründen gerechtfertigt:

- um den Bedarf an Uran und Trennarbeit zu vermindern und damit langfristig zur rationellen Verwendung der Kernbrennstoffe beizutragen; dieses Ziel wird vornehmlich erreicht, indem das durch den Abbrand auf einen niedrigeren Anreicherungsgrad zurückgeführte Uran erneut angereichert und in Leichtwasserreaktoren wieder verwendet wird;
- um Plutonium für den Betrieb von Schnellen Brutreaktoren oder auch von Leichtwasser-Reaktoren zu gewinnen;
- um die Entsorgung zu vereinfachen, insbesondere eine Gefährdung aus der Endlagerung des abgebrannten Brennstoffs zu vermeiden.

Dabei wird in Kauf genommen, daß die abgebrannten Brennelemente in Erwartung der Betriebsbereitschaft der Wiederaufarbeitungsanlagen zunächst längere Zeit gelagert werden. Auch in der Vergangenheit waren keineswegs Gründe der Wirtschaftlichkeit für die Wiederaufarbeitung bestimmend. Dies geschah vornehmlich, um über Plutonium verfügen zu können und um sich zugleich mit den technischen Problemen der Wiederaufarbeitung vertraut zu machen.

4.5.3 Ursprüngliche Planungen für die Wiederaufarbeitung

(1) Noch im Jahre 1970 schien es, daß die Wiederaufarbeitung bestrahlter Brennelemente weder in Europa noch in Übersee ernste Probleme aufwerfen werde, ausgenommen das Problem der Wirtschaftlichkeit gegenüber den Natururan, d.h. gegenüber dem »once through« betriebenen LWR-Kernkraftwerk. Damals war der Uranpreis nur 8 US-$/lb U_3O_8 oder 21 US-$/kg Uran. Europa verfügte in diesem Jahre über eine Aufarbeitungskapazität von etwa 400 jato für Oxidbrennstoffe, nämlich

- die von der Nuclear Energy Agency der OECD betriebene Anlage EUROCHEMIC in Mol in Belgien von etwa 100 jato;
- die von der BNFL betriebene Anlage in Windscale von 300 jato allein für Uranoxid-(AGR-)Elemente.

Kurz vor der Inbetriebnahme stand die Prototyp-Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (WAK)[31] mit einer Kapazität von 40 jato und eine vom CEA betriebene Anlage in Cap de la Hague bei Cherbourg. Nicht berücksichtigt sind hierbei die Kapazitäten von Windscale und Cap de la Hague für Magnox-(Graphit-Gas-)Elemente. Für 1974 ließen die Ausbaupläne eine europäische Gesamtkapazität von 1360 jato erwarten. Bei einem Bedarf von 60 t in 1970 und 273 t in 1974 schien somit alles in Ordnung.

(2) Die Lage hat sich seitdem gründlich geändert. Schwierigkeiten weniger im technischen Bereich als vielmehr hinsichtlich

[31] Betreiber der WAK ist die GWK, Gesellschaft für Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen mbH in Leopoldshafen bei Karlsruhe, eine Gründung von Bayer, Hoechst, Gelsenberg und NUKEM. Die Deutsche Gesellschaft für Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen mbH (DWK) in Hannover hat die GWK zum 1. Januar 1979 100%ig übernommen. Seit dem Frühjahr 1981 firmiert die GWK als Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe Betriebsgesellschaft mbH (WAK-GmbH).

der Kosten und bei der Anwendung der verschärften Regeln für die Sicherheit der Anlagen führten zu einer dramatischen Verzögerung der Ausbaupläne:

In den *Vereinigten Staaten* mußte die General Electric Co. (GE) einsehen, daß ihre nach dem Aqua-Fluor-Verfahren ausgelegte 300 jato-Anlage bei Morris/Illinois nicht funktionsfähig sein würde und nur nach kostspieligen Umbauten in Betrieb genommen werden könnte. Zugleich verzögerte sich aus technischen und wirtschaftlichen Gründen der Ausbau der Anlage der Nuclear-Fuel-Service Inc.(NFS) – Getty Oil und Skelly Oil – in West Valley/N.Y. und die Fertigstellung der Anlage der Allied Chemical/General Atomic/Allied General Nuclear Services (AGNS) in Barnwell, South Carolina.

In *Europa* führte ein im September 1973 eingetretener Störfall mit Kontaminationsfolgen in der Anlage von Windscale zu einer noch andauernden Stillegung dieses Teils der bereits auf 400 jato gebrachten Anlage und zugleich zu einer erheblichen Verzögerung des geplanten Ausbaus. Auch der Ausbau des »Atelier de Tête« (H. A. O.) in La Hague blieb hinter den Plänen zurück.

Übersicht 133 zeigt die Lage, wie sie nach wie vor gesehen wird. Dabei ist zu berücksichtigen, daß man nach INFCE in der »Westlichen Welt« mit dem folgenden *kumulierten* Anfall von abgebrannten, für eine Wiederaufarbeitung in Betracht kommenden Brennelementen rechnet (Mengen in Tonnen Schwermetall Uran und Plutonium):

bis 1990 etwa 100000 t
bis 1995 etwa 150000 t
bis 2000 etwa 300000 t

Wegen aller dieser Verzögerungen müssen bestrahlte Brennelemente in erheblichen Mengen zwischengelagert werden. Die Einrichtung von Brennelementlagern ist dazu erforderlich.

(3) Vor diesem Hintergrund sind die in Deutschland zusammen mit Großbritannien und Frankreich unternommenen Bemühungen zum Auf- und Ausbau einer Wiederaufarbeitungskapazität zu sehen: Im Oktober 1971 gründeten die von den Firmen Bayer, Hoechst, Gelsenberg und NUKEM ins Leben gerufene KEWA, Kernbrennstoff-WiederaufarbeitungsGmbH

Übersicht 133: Wiederaufarbeitungsanlagen für Oxidbrennstoffe (LWR-, SWR- und AGR-Elemente) in jato Uran. Durchsatz-Status aus der Sicht des Jahres 1975

Land		1970	1975	1978	1980[e]	1985[e]
Belgien	EUROCHEMIC[a]	100	–	–	–	–
Deutschland	WAK/KEWA	–	40	–	–	–
Italien	EUREX, Saluggia[a]	–	10	10	–	–
Frankreich	Cap de la Hague[b c]	–	–	350	700	800
Großbrit.	Windscale[b d]	300	–	200	400	1000
Spanien		–	–	–	–	900
Westeuropa		400	50	560	1100	2700
USA[f]	NFS	300	–	–	–	750
	General Electric	–	–	–	–	300
	AGNS	–	–	–	1500	1500
USA		300	–	–	1500	2550
Japan[g]	Tokai Mura	–	–	170	170	210

[a] Die Anlagen EUROCHEMIC und EUREX sind Pilotanlagen, die in den nächsten Jahren entweder geschlossen oder auf die Wiederaufarbeitung von Elementen fortgeschrittener Reaktoren umgestellt werden.

[b] Ohne die Kapazitäten zur Wiederaufarbeitung von Elementen aus Graphit-Gas-Reaktoren.

[c] Nach neueren Planungen soll die Wiederaufarbeitung der in Frankreich anfallenden Graphit-Gas-Elemente in Marcoule konzentriert werden. Die damit entlastete Anlage in Cap de la Hague soll dann ausschließlich LWR-Elemente aufbereiten. Durch Zubau zweier weiterer Anlagen wird in der Folgezeit die Kapazität von Cap de la Hague zunächst (1984) auf 800 jato und später (1985) auf 1600 jato gebracht werden.

[d] 1977 fand eine öffentliche Anhörung zu der Frage statt, ob eine große Wiederaufarbeitungsanlage in *Windscale* gebaut werden soll, die Thermal Oxide Reprocessing Plant (THORP) mit 1200 jato Kapazität. Das Ergebnis der Anhörung war so eindeutig, daß das House of Commons die Empfehlungen des im Ergebnis positiven Anhörungsberichtes, den »Parker Report«, mit 186 :56 Stimmen übernahm.

[e] Auch schon 1975 waren die für die Jahre 1980 und 1985 vorausgesagten Kapazitäten im Timing unsicher.

[f] In Vollzug der Nuklearpolitik des Präsidenten Carter liegen diese Anlagen derzeit still.

[g] Am 17. Januar 1981 nahm diese Anlage ihren Betrieb voll auf.

Quellen: NEA-IAEA, ›Uranium...‹, v. Dez. 1975 und N. L. Franklin, Irradiated Fuel Cycle, European Nuclear Conference, Paris 1975.

(inzwischen von der DWK übernommen), die BNFL und das CEA die *URG*, United Reprocessors GmbH mit Sitz in Frankfurt/M[32]. Es wurde vereinbart, zunächst die vorhandenen Anlagen von Windscale und La Hague optimal zu nutzen. Im Rahmen der weiteren Planung der URG erhielt die deutsche Industrie eine Option für die Errichtung einer Großanlage für die Wiederaufarbeitung von Leichtwasser-Brennelementen mit einem Durchsatz von etwa 2000 jato. Diese Anlage sollte frühestens 1984, wahrscheinlich aber erst 1986 in Betrieb gehen; die Kosten wurden auf mindestens 2 Mrd DM veranschlagt.

(4) Wie in Kapitel 6 dieses Buches näher dargelegt wird, blokkierte Präsident Carter bald nach seinem Amtsantritt im Jahre 1977 die weitere Entwicklung und den Ausbau der Wiederaufarbeitung in den Vereinigten Staaten. Der neue Präsident Reagan wird diese Politik kaum fortsetzen. In seinem Presidential Statement on Nuclear Energy vom 20. August 1981 kündigte er an, die Hindernisse gegen ein kommerzielles Engagement in der Technologie der Wiederaufarbeitung von Leichtwasser-Reaktor-Brennelementen seien aus dem Weg zu räumen. Danach wäre nun zu erwarten, daß die inzwischen fertiggestellte und betriebsbereite private 1400 jato-Wiederaufbereitungsanlage der AGNS (Allied General Nuclear Services Corp.) in Barnwell/South Carolina eine Betriebsgenehmigung erhält. Die DWK beabsichtigt, mit Barnwell zusammenzuarbeiten.

Zugleich haben die Vereinigten Staaten die Japan hinsichtlich der Wiederaufarbeitung auferlegten Beschränkungen gelockert. Wie das Ministerium für internationalen Handel und Industrie (MITI) dieses Landes im September 1981 in Tokio bestätigte, ist beabsichtigt, mit dem Bau einer 1200 t-Anlage 1982/83 zu beginnen. Die Betriebsaufnahme dieser Anlage wird für 1990 erwartet.

[32] Die Gründung der als »Troika« bezeichneten URG hat Kritik in den hieran nicht beteiligten Mitgliedstaaten der Europäischen Gemeinschaft gefunden. Es wurde befürchtet, daß die vorgesehene Zusammenarbeit der bisher schon in Europa marktbeherrschenden britischen und französischen Wiederaufarbeiter unter Beteiligung deutscher Interessenten zu einem mit den Wettbewerbsvorschriften des EWG-Vertrages nicht zu vereinbarenden Monopol führe. Die Entgegnung, daß der Stand der Technik die Planung von Anlagen dieser Größenordnung erfordere und daher die Zusammenarbeit rechtfertige, zeigt deutlich das für die Atomwirtschaft charakteristische Dilemma zwischen den Forderungen nach technisch optimalen Kapazitäten und hinreichendem Wettbewerb.

4.5.4 Beseitigung des radioaktiven Abfalls

Die Beseitigung des in Kernkraftwerken und Wiederaufarbeitungsanlagen anfallenden radioaktiven Abfalls ist nach dem gegenwärtigen Stand der Kenntnis ohne nachhaltige Gefährdung »technisch sicher und technologisch realisierbar«[33]. Sie wirft aber eine Reihe von nicht einfach zu lösenden organisatorischen Fragen auf.

Radioaktive Rückstände entstehen praktisch in allen Phasen des Brennstoffzyklus, in erster Linie bei der Wiederaufarbeitung[34]. Die im Kernkraftbetrieb anfallenden Abfälle sind gasförmig, flüssig oder fest. Hauptsächlich handelt es sich um Radionuklide, die entweder durch Kernspaltung oder durch Neutroneneinfang vorher nicht aktiver Stoffe entstehen. Die Spaltprodukte bilden sich vornehmlich im umhüllten Brennstoff, die Aktivierungsprodukte im Kühlmittel und in den Strukturmaterialien.

Nach Prüfung verschiedener Möglichkeiten der Endlagerung, z.B. der Versenkung ins Meer, der Einbringung in Granitformationen, ja selbst der Beförderung ins Weltall entschloß sich die Bundesregierung zunächst dazu, das stillgelegte Salzbergwerk Asse II bei Wolfenbüttel für die Einlagerung von *schwach-* und *mittel-*, nicht aber von hoch- radioaktiven Rückständen einzurichten[34a] (vgl. Abb. 77). Über den weiteren Betrieb dieses Lagers fanden zur Jahreswende 1978/79 schwierige Verhandlungen zwischen der Bundesregierung und der Nieder-

[33] Beurteilung und Empfehlungen der RSK und SSK zur sicherheitstechnischen Realisierbarkeit des Entsorgungszentrums vom 20. Oktober 1977, Bundestags-Drucksache 8/1281 v. 30. 11. 1977, S. 12ff.

[34] Es sei an dieser Stelle auch auf die weitgehend unbekannte Tatsache hingewiesen, daß in den Vereinigten Staaten, dem Land mit der nach wie vor mit Abstand größten Kernenergiekapazität der westlichen Welt, die aus dem militärischen Bereich stammenden hochradioaktiven Abfälle eine ungleich größere Rolle spielen als diejenigen aus dem zivilen Bereich. Nach dem DOE-Bericht »Nuclear Waste Management Program 1981« (Washington, 1980) lagen 1978 die angefallenen »militärischen Mengen« an hochaktiven festem und flüssigem Abfall mit 283 t insgesamt 66 mal so hoch wie die entsprechenden »zivilen Mengen« (4,3 t). Bis zum Jahr 2000 wird sich diese Relation nur auf 8 : 1 verbessern.

[34a] Schwach radioaktive feste Abfälle werden seit über 30 Jahren auch ins Meer versenkt. Rahmen und Grenzen legt eine internationale Konvention fest, deren Beachtung die Kernenergieagentur der OECD überwacht. Unter den westeuropäischen Ländern machen nur Belgien, die Niederlande, die Schweiz und das Vereinigte Königreich, nicht aber die Bundesrepublik Deutschland von dieser Möglichkeit – Versenkung an einer festgelegten Stelle in Nordatlantik – Gebrauch.

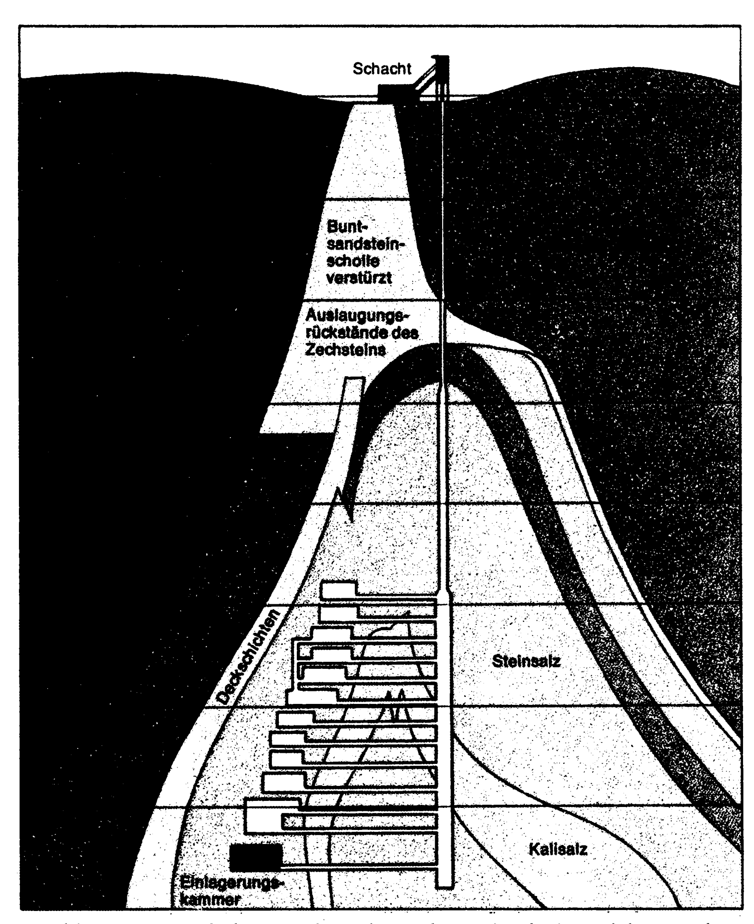


Abb. 77: Vereinfachter geologischer Schnitt durch das Salzbergwerk Asse (Deutsches Atomforum)

sächsischen Landesregierung statt[35]. Auch im Zeitpunkt des Redaktionsschlusses für dieses Kapitel, im Herbst 1981, war im-

[35] Die Erhaltung der Einlagerungsmöglichkeiten für radioaktive Abfälle in der Asse ist auch deshalb dringend erforderlich, weil es sonst an Unterbringungsmöglichkeiten für die schwach- und mittelradioaktiven Abfälle aus der medizinischen Anwendung von Radioisotopen fehlt. In den Landessammelstellen lagerten Ende 1980 6062 m^3 feste und flüssige Roh- und Spezialabfälle sowie 3584 m^3 in 12521 Fässern untergebrachte »konditionierte Abfälle«.

mer noch nicht über die bereits 1979 eingereichten Anträge auf Einrichtung eines Zwischenlagers und eines Endlagers in der Asse oder in der für den gleichen Zweck vorgesehenen Erzgrube Konrad entschieden. Solange dies nicht geschehen ist, müssen die anfallenden schwach- und mittelradioaktiven Abfälle bei den Forschungszentren, Kernkraftwerken und Landessammelstellen provisorisch dezentral und oberirdisch gelagert werden. Dieser Vorgang zeigt mit erschreckender Deutlichkeit, wie die mit dem Argument besonderer Sorgfalt begründete Langwierigkeit eines Genehmigungsverfahrens das globale Gefahrenniveau erhöhen kann.

Für die im Rahmen des Entsorgungskonzepts der Bundesregierung vorgesehene Endlagerung des *hoch*-radioaktiven Abfalls spielt Asse keine Rolle mehr. Hierfür ist der Salzstock Gorleben vorgesehen. Eine Lagerung im Salz – wie in Asse oder Gorleben – schließt die Gefahr eines Austritts radioaktiver Substanzen in das Grundwasser aus, es sei denn, es kommt zu einem Wassereinbruch, der schon deshalb außerordentlich unwahrscheinlich ist, weil die hierfür in Betracht kommenden norddeutschen Steinsalzformationen schon seit mehreren 100 Mio Jahren – zumeist seit dem Zechstein vor 240 Mio Jahren – kaum verändert existieren.

Schwach- und mittel-radioaktive Abfälle werden zum Zweck der Endlagerung konzentriert, an wasserunlösliche Materialien gebunden und in korrosionsfeste Fässer gefüllt. Die vor allem in Wiederaufarbeitungsanlagen, hier in salpetersaurer Lösung anfallenden *hoch-radioaktiven Rückstände* werden – nach Möglichkeit – nur kurze Zeit gelagert, dann zu Glasblöcken verfestigt und schließlich in Stahlbehälter abgefüllt, die in besonders gesicherte Bohrlöcher im Salzstock eingelagert werden. Bei diesem Prozeß konzentrieren sich die je Betriebsjahr anfallenden hochradioaktiven Abfälle eines Kernkraftwerks der Blockgröße von Biblis auf ein Volumen von ca. 3 m^3.

Für die *Verfestigung* werden in der Bundesrepublik drei Verfahren entwickelt: VERA durch die Gesellschaft für Kernforschung in Karlsruhe, FIPS durch die Kernforschungsanlage Jülich und PAMELA durch die DWK, sämtlich unter maßgebender Förderung durch das BMFT. Die extrem geringe Löslichkeit der Gläser, in welche die Abfälle chemisch eingebunden sind, sorgt dafür, daß, auch bei Kontakt mit Wasser, nie mehr als 10^{-5} bis allenfalls 10^{-4} der ursprünglichen Aktivität in transportfähige Form gelangen könnte.

Durch Lagerung dieser Abfall-Glasblöcke etwa 1000 m unter der Erdoberfläche müßte der geringe Bruchteil an Aktivität, der möglicherweise durch Auslaugung transportfähig gemacht wird, einen Weg von mindestens 1000 m zurücklegen, um in den Biozyklus zu gelangen.

Nach einer Mitteilung von W. J. Schmidt-Küster auf der Reaktortagung 1974 in Berlin rechnete man damals mit den folgenden in der Bundesrepublik zur Endlagerung anfallenden radioaktiven Abfällen (Angaben in Tonnen – Berechnungsgrundlage, soweit LWR-Kraftwerke: 30 t abgebrannte Brennstoffe je 1000 MWe/a):

	1980	1985	1990	2000[36]
schwach-radioaktive Abfälle (Bitumen)	2000	4000	7200	20300
mittel-radioaktive Abfälle (Bitumen)	2000	4000	7200	3500
hoch-radioaktive Abfälle (Glas)	50	100	180	200

Eine etwas spätere, von der STEAG mitgeteilte Untersuchung nennt für die Bundesrepublik die folgenden kumulierten Mengen an radioaktiven Abfällen (Mengen in 1000 m^3):

	bis 1985	bis 1990	bis 2000	bis 2020
schwach-radioaktiv	24	34,5	154	750
mittel-radioaktiv	0,68	0,9	4,4	21
hoch-radioaktiv	–	–	0,2	4

In einer der nunmehr geplanten, in der ersten Ausführung 1993 zur Betriebsaufnahme vorgesehenen 350 jato-Wiederaufarbeitungsanlagen werden jährlich die folgenden Mengen an radioaktiven Abfällen anfallen:

- 140 t (39 m^3) verglaster hochaktiver Endabfall verteilt auf 215 Blöcke;
- ca 11 000 t (4400 m^3) zementierter schwach- und mittelaktiver Endabfall, verteilt auf ca. 11 000 400 Liter-Fässer;
- 1350 m^3 Tritium-haltiges Wasser;
- 175 000 m^3 gereinigtes Abwasser.

[36] Bericht der KFA Jülich, Jül-929-HT-WT-KFK 1366 vom März 1973 – Angaben in m^3.

4.5.5 Das deutsche Entsorgungskonzept

Vorbemerkung: Die »Entsorgung« wirft nicht nur technische und wirtschaftliche Fragen im innerpolitischen Kontext auf, sondern ist zugleich Gegenstand lebhafter internationaler Auseinandersetzungen. Diese Fragen werden an anderer Stelle dieses Buches behandelt werden.

4.5.5.1 Entwicklung bis zum 16. Mai 1979

Das Anliegen, eine Wiederaufbereitungsanlage zu schaffen, und zwar als integrierten Teil eines Entsorgungszentrums, erhielt eine dramatische Wendung durch zwei für den weiteren Ablauf bestimmende Ereignisse.

Erstens: Die chemische Industrie mußte 1974/75 erkennen, daß die Kostenschätzungen aufgrund der immer strenger gewordenen Genehmigungsauflagen schließlich »zu Investitionssummen geführt haben, die ein Vielfaches der früheren Annahmen ausmachten« mit der Folge, »daß die Wiederaufarbeitung für sich allein gesehen nicht mehr wirtschaftlich betrieben werden kann« und damit den damaligen Gesellschaftern der Kernbrennstoff-Wiederaufarbeitungs-GmbH (KEWA) – und derzeit auch der deutschen chemischen Industrie – »die Basis für eine unternehmerische Betätigung auf diesem Gebiete entzogen wurde«[37].

Zweitens: Die Bundesregierung traf 1976 die definitiv in den »Grundsätzen zur Entsorgungsvorsorge für Kernkraftwerke« des Bundesministers des Innern vom 14. Juni 1977 formulierte Entscheidung, daß der Nachweis hinreichender Sicherstellung einer geordneten Entsorgung Voraussetzung für die Genehmigung des Baues oder der Inbetriebnahme von Kernkraftwerken sein müsse. Diese Grundsätze wurden im Einvernehmen mit der Mehrheit der Länder aufgestellt. Die Bundesregierung unterstrich damit ihre bereits 1975 eingeleitete Politik des »konstruktiven Zwangs« zur rechtzeitigen Sicherstellung der Beherrschung aller Folgeprobleme des Brennstoffkreislaufs; eine Politik, die in der Entschließung des Bundestages vom 13. März 1976 grundsätzlich bestätigt wurde.

Durch diese beiden längerfristig vorbereiteten und für die Betroffenen sich schon frühzeitig abzeichnenden Entscheidun-

[37] Karl Winnacker, Schicksalsfrage Kernenergie, Düsseldorf 1978, S. 183, und die Besprechung dieses Buches: Hans Michaelis, »... daß die Vernunft sich durchsetzt«, bild der wissenschaft 8 – 1978, S. 46.

gen wurden die folgenden in chronologischer Reihenfolge dargestellten Ereignisse ausgelöst:

(1) Erstmalig auf der Reaktortagung des Deutschen Atomforums im April 1974 trug der Sprecher des Bundesministeriums für Forschung und Technologie ein *Entsorgungskonzept* vor, das Wiederaufarbeitung, Spaltstoffrückführung, Abfallbehandlung und Abfallagerung in einem integrierten System zusammenfaßt[38]. Nach damaliger Auffassung sollte dieses System bis spätestens 1985 funktionsfähig sein. Dieses Konzept geht davon aus, daß Wiederaufarbeitung, Abfallbehandlung und Rückführung der gewonnenen Spaltstoffe auf privatwirtschaftlicher Grundlage durchgeführt werden und die dafür entstehenden Kosten nach dem Verursachungsprinzip aufzubringen sind. Die Endlagerung der radioaktiven Abfälle soll dagegen in unmittelbarer Verantwortung der Bundesregierung vorgenommen, die Kosten der Einlagerung sollen durch Gebühren gedeckt werden. Kernstück dieses Konzepts war die Errichtung einer Wiederaufarbeitungsanlage mit etwa 1400 jato Kapazität, ausreichend für die Bedienung von 50000 MWe und imstande, alljährlich Kernbrennstoffe wiederzugewinnen, die bei Einsatz in Leichtwasserreaktoren so viel Elektrizität liefern könnten wie durch Verstromung von 40 Mio t SKE Steinkohle.

(2) Nachdem die von den Firmen Bayer, Hoechst, Gelsenberg und NUKEM getragene KEWA sich wegen des Rückzugs der chemischen Industrie aus der Nuklearchemie außerstande sah, eine von ihr erarbeitete, Mitte 1975 endgültig fertiggestellte Konzeptstudie für eine große deutsche Wiederaufarbeitungsanlage zu realisieren, wuchs diese Aufgabe unausweichlich – nicht nur nach dem Verursachungsprinzip – der *Elektrizitätswirtschaft* zu, ein in der industriellen Nachkriegsgeschichte einmaliger Übergang unternehmerischer Aufgaben von einem Wirtschaftszweig auf einen anderen.

Im Juli 1975 gründeten daraufhin zwölf große deutsche, in der nuklearen Stromerzeugung engagierte EVU die *PWK*, die Projektgesellschaft Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen mbH. Nach langwierigen Verhandlungen erteilte diese Gesellschaft der KEWA (dem deutschen Mitglied der URG) und ihren Gesellschaftern Bayer, Hoechst, Gelsenberg und NUKEM den Auftrag, ein Vorprojekt und einen Sicherheitsbericht für

[38] W. J. Schmidt-Küster, BMFT, Das Entsorgungssystem im nuklearen Brennstoffkreislauf, Vortrag auf der Reaktortagung 1974, atw Juli 1974, Seite 340.

eine Großanlage zu erstellen. Zugleich wurden in Norddeutschland drei alternative Standorte in Aussicht genommen. Diese Standorte, ausgewählt unter 26 geprüften Orten waren Wahn, nahe der niederländischen Grenze (Landkreis Aschendorf-Hümmling), Lichtermoor (Landkreis Fallingbostel) und Lutterloh in der Lüneburger Heide (Landkreis Celle). Die Gesamtkosten dieser Projektphase wurden auf 60 bis 70 Mio DM veranschlagt. Zugleich wurde die KWU mit der Planung und dem Sicherheitsbericht für die Lagerbecken beauftragt.

(3) Auf der Reaktortagung im März/April 1976 in Düsseldorf wurden Stand und Fortschritte der geplanten Maßnahmen zur Entsorgung eingehend erörtert. Diese Auseinandersetzungen nahmen eine entscheidende Wendung durch die Erklärung des damaligen Parlamentarischen Staatssekretärs im Bundesministerium des Inneren J. Schmude: »... Wird ein in sich geschlossenes Konzept aus zentraler Lagermöglichkeit und Wiederaufarbeitung nicht rechtzeitig erstellt, besteht die Gefahr, daß die ... abgebrannten Brennelemente bis zu ihrer Wiederaufarbeitung unter Bedingungen gelagert werden müssen, die den Erfordernissen der Sicherheit nicht genügen ... Sollte die gegenwärtige Unsicherheit bezüglich der Inangriffnahme der Entsorgung durch die Energiewirtschaft weiter anhalten ... wird sich der Bundesminister des Inneren ... genötigt sehen, die *Genehmigungspolitik* der Errichtung und des Betriebs weiterer Kernkraftwerke ab sofort einer grundsätzlichen Überprüfung zu unterziehen.« Der inzwischen verstorbene damalige Präsident des Deutschen Atomforums H. Mandel ist diesen Vorwürfen unverzüglich entgegengetreten. Er erklärte, die Elektrizitätswirtschaft sei »bereit, alle Maßnahmen, die notwendig sind, termingemäß zu schaffen«, vorausgesetzt, daß endlich der Standort gesichert sei und »das Genehmigungsverfahren so zügig wie möglich abgewickelt« werde (atw, Mai 1976, S. 235 ff.).

(4) Im Dezember 1976 erklärte der damalige Geschäftsführer der Projektgesellschaft Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen (PWK), G. H. Scheuten, die Terminplanung sei darauf ausgerichtet, im März/April 1977 das Genehmigungsverfahren für eine *1400-jato-Anlage* auf der Grundlage des dann vorliegenden Sicherheitsberichtes einzuleiten. Soll das erste Lager 1982 in Betrieb gehen, so müsse bis Mitte 1977 der Standort festgelegt sein und bis Mitte 1978 die erste Teilerrichtungsgenehmigung vorliegen. Aus der Sicht im Zeitpunkt dieser Erklärung, d.h. unter Zugrundelegung des Preis- und Kostenniveaus

Ende 1976, sei mit einem Investitionsaufwand (ohne Zinsen, Steuern und Versicherungen während der Planungs- und Bauzeit) von etwa 4,5 Mrd. DM zu rechnen, der sich über die Bauzeit zwischen 1978 und Ende der 80er Jahr verteile (nicht auf den Gegenwartswert abgezinst ergibt dies Gesamtaufwendungen von 10 Mrd. DM).

(5) Nach eingehender Prüfung benannte die hierfür zuständige Niedersächsische Landesregierung am 22. Februar 1977 *Gorleben* im Kreise Lüchow-Dannenberg als vorläufigen Standort für das geplante nukleare Entsorgungszentrum und überraschte damit alle Betroffenen. Gleichwohl wurde dieser Standort von der Bundesregierung am 25. Juli 1977 gebilligt. Die bis dahin favorisierten Standorte Wahn, Lichtermoor und Lutterloh schieden damit aus. Ausschlaggebend für die Wahl von Gorleben war nicht nur der für geeignet erachtete Salzstock, sondern auch die bisher in der Infrastruktur benachteiligte Lage dieses Wald- und Heidegebietes, nur wenige Kilometer entfernt von der Elbe, die dort zugleich Grenze zur DDR ist. Die Regierung der DDR hat seither gegen diese Standortwahl keinerlei ernsthafte Einwendungen erhoben, was auch damit erklärt sein mag, daß die DDR ihre nuklearen Abfälle in ähnlicher Weise lagert – soweit bekannt bei Bartensleben/Bezirk Magdeburg in unmittelbarer Nähe des Grenzübergangs Helmstedt[38a].

(6) Am 28. Februar 1977, unmittelbar nach der vorläufigen Standortbestimmung, wurde die bisherige Projektgesellschaft »PWK« von ihren Gesellschaftern in die nunmehr mit der konkreten Aufgabe der Planung, der Errichtung und des Betriebs des deutschen Entsorgungszentrums betraute Trägergesellschaft umgewandelt. Diese firmiert als Deutsche Gesellschaft für Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen mbH *(DWK)*. Die neue Gesellschaft legte am 31. März 1977 – termingemäß – den teilweise noch standortunabhängigen Sicherheitsbericht vor

[38a] Diese Feststellung fand ihre offizielle Bestätigung mit der im Gesetzblatt der DDR vom 10. Juni 1981 bekanntgemachten Anordnung des Staatlichen Amtes für Atomsicherheit und Strahlenschutz zur Errichtung eines »Endlagers für radioaktive Abfälle« in Bartensleben-Morsleben, an der Transitautobahn nach Berlin, nur wenige Kilometer vom Grenzübergang Helmstedt/Marienborn entfernt. Dieses Lager ist ein Zweigbetrieb des Kernkraftwerks »Bruno Leuschner« nordöstlich von Greifswald. Nach der Anordnung sollen in Morsleben – wohl in einem ehemaligen Salzstock – feste und flüssige radioaktive Abfälle gelagert werden, deren Strahlung nicht innerhalb von 200 Tagen abklingt. Abgebrannte Brennelemente sollen offenbar nicht eingelagert werden. Diese Elemente werden weiterhin in die Sowjetunion gebracht.

und beantragte zugleich die erste Teilerrichtungsgenehmigung – 1. TEG – der geplanten Anlage für den neuen Standort.

(7) In der gleichen Zeit konkretisierten sich die Bemühungen der Bundesregierung, durch »konstruktiven Zwang« die Energieversorgungsunternehmen zur Sicherstellung einer geordneten Entsorgung anzuhalten. Die bereits erwähnten, von einer Bund/Länder-Arbeitsgruppe auf Staatsekretärsebene erarbeiteten »Grundsätze zur *Entsorgungsvorsorge* für Kernkraftwerke« wurden in einer Besprechung des Bundeskanzlers mit den Regierungschefs der Länder am 6. Mai 1977 »zustimmend zur Kenntnis genommen« (tatsächlich von neun Ländern akzeptiert; zwei Länder – Nordrhein-Westfalen und Bremen – enthielten sich der Stimme) und am 14. Juni 1977 vom Bundesminister des Inneren mit der an die Länder gerichteten Bitte bekanntgegeben[39], diese Grundsätze hinfort als Mindestvoraussetzung in Genehmigungsverfahren für Kernkraftwerke anzuwenden (s. auch S. 841 f.).

Nach diesen Grundsätzen kann der erforderliche Nachweis sowohl erbracht werden ... »durch Anpassung der Vorsorge an die Fortschritte bei der Verwirklichung des (deutschen)Entsorgungszentrums«, konkret durch Zwischenlagerung bis zur Wiederaufarbeitung in Deutschland, als auch durch »Vorlage von Verträgen mit ausreichend ausgerüsteten Vertragspartnern mit der Verpflichtung zur endgültigen Übernahme der abgebrannten Elemente« oder auch nur zur Wiederaufarbeitung im Ausland mit der Verpflichtung zur Rücknahme des erzeugten radioaktiven Abfalls zu einem Zeitpunkt, in dem dessen »sichere Behandlung und Beseitigung gewährleistet ist«. Die Elektrizitätswirtschaft hat als Übergangsregelung zunächst den Weg vertraglicher Absicherung in der letzten Variante gewählt.

(8) In ihren termingemäß am 19. bzw. 20. Oktober 1977 unabhängig voneinander abgegebenen Stellungnahmen attestieren die Reaktorsicherheitskommission (RSK) und die Strahlenschutzkommission (SSK) dem am Standort Gorleben geplanten Entsorgungszentrum *grundsätzliche sicherheitstechnische Realisierbarkeit*[40]. Diese Beurteilung bezieht sich auf alle sicherheitsrelevanten Aspekte: Standort, Brennelementlagerung, Wiederaufarbei-

[39] Abgedruckt als Anlage zum »Entsorgungsbericht« der Bundesregierung, Bundestags-Drucksache 8/1281 vom 30. 11. 1977, S. 9.

[40] Die zusammenfassende Beurteilung wurde als Anlage zu dem diesem Sicherheitsgutachten beiliegenden »Entsorgungsbericht« der Bundesregierung in Bundestags-Drucksache 8/1281 vom 30. 11. 1977, S. 12ff. abgedruckt.

tung, Uranverarbeitung, Plutonium-Brennelementherstellung, Abfallbehandlung und -endlagerung, wie auch Sicherung gegen Störmaßnahmen und sonstige Einwirkungen Dritter.

In dem bereits erwähnten Entsorgungsbericht vom 30. November 1977 stellt die Bundesregierung nach Vorliegen der vorbezeichneten positiven Stellungnahmen der RSK und der SSK fest, daß damit »die in den Grundsätzen zur Entsorgungsvorsorge ... vereinbarten Entsorgungsvoraussetzungen erfüllt« sind, d.h. daß insoweit Bau- und Betriebsgenehmigungen von Kernkraftwerken nichts mehr im Wege steht. Tatsächlich sind damals auch Genehmigungen ausgesprochen worden, so am 18. November 1977 die Betriebsgenehmigung für das Kernkraftwerk Ohu (Isar) und am 28. November 1977 die Betriebsgenehmigung für das Kernkraftwerk Philippsburg 1.

(9) Entgegen dieser Rechtsauffassung entschied das Oberverwaltungsgericht *Lüneburg* durch seinen Beschluß vom 17. Oktober 1977 (Az: VII OVG B 22/77), die Genehmigungsbehörden werden den Anforderungen der §§ 7 und 19a des Atomgesetzes nicht gerecht, wenn sie sich bei der Erteilung erster Teilerrichtungsgenehmigungen mit dem Vorhandensein einer nur theoretischen Vorsorgeplanung begnügen. Schon mit dem Beginn der Errichtung müßten konkrete entsorgungsbezogene Maßnahmen einhergehen. Die Unsicherheit wurde erst später durch die in Gorleben aufgenommenen Aufschlußbohrungen ausgeräumt (S. 646f. u. 652).

(10) Nach Vorliegen und bundesseitiger Billigung des positiven Sicherheitsgutachtens für das Entsorgungszentrum bereitete sich die DWK mit Nachdruck auf den Bau der Anlagen in Gorleben vor. Im Laufe des Jahres 1978 erwarb sie in der von der Niedersächsichen Landesregierung benannten Standortregion 650 ha *Grundfläche,* davon 400 ha zusammenhängend. Diese ungeachtet der Verkaufsweigerung des größten Grundbesitzers dieser Region, Graf Bernstorff, erworbene Fläche reicht aus, um darauf alle Anlagen des geplanten Entsorgungszentrums bauen und betreiben zu können. Zum Vergleich: Der Standort für die Wiederaufarbeitungsanlage in Cap de la Hague (Frankreich) umfaßt ca. 200 ha und der für die Wiederaufarbeitungsanlage in Windscale (England) ca. 150 ha.

(11) Nicht unerhebliche Unruhe, vor allem aber eine nachhaltige Verunsicherung der Politiker wurde ausgelöst durch die Erfolge der *»Grünen Listen«* bei den beiden am gleichen 4. Juni 1978 stattgefundenen Wahlen für den Niedersächsischen Land-

tag und die Hamburger Bürgerschaft. Die in Niedersachen allein kandidierende »Grüne Liste Umweltschutz« erreichte im Landesdurchschnitt 3,9% der abgegebenen Stimmen, im Kreis Lüchow-Dannenberg sogar 17,8% (dort erhielt die CDU immerhin noch 52,8% der Stimmen). In Hamburg entfielen 3,5% der abgegebenen Stimmen auf die im linken Spektrum angesiedelte »Bunte Liste« und weitere 1,0% auf die mehr der Mitte zuzurechnenden »Grüne Liste Umweltschutz«. Die FDP konnte bei diesen beiden Wahlen die 5%-Klausel nicht mehr überwinden, so daß seitdem im Ergebnis in Niedersachsen allein die CDU und in Hamburg allein die SPD die Regierungsverantwortung tragen.

(12) Die lange Bauzeit für das Entsorgungszentrum, die Schwierigkeiten mit ausländischen Partnern zu verbindlichen Entsorgungsvereinbarungen zu gelangen und die begrenzten Möglichkeiten einer Lagerung der abgebrannten Brennelemente in den Lagerbecken der Kernkraftwerke gab Veranlassung, die Schaffung eines zentralen *»Zwischenlagers«* für die abgebrannten Brennelemente zu prüfen. In diesem Zusammenhang sei daran erinnert, daß die aus dem Reaktorcore entladenen Elemente zunächst einige Zeit – wenigstens ein Jahr lang – im Lagerbecken des Kernkraftwerks unter Wasser gelagert werden. Während dieser Zeit klingt die radioaktive Strahlung und die Wärmeentwicklung erheblich – nach einem Jahr auf 0,6% der ursprünglichen Rate – ab, d.h. so weit, daß die zum Transport ins Zwischenlager verwendeten Behälter weder einer Zwangskühlung noch unangemessen schwerer Abschirmwände bedürfen. Das Wasser des in jeder Hinsicht vergleichbaren Lagerbeckens der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe nimmt wöchentlich nur 2 bis 3 Curie, d.h. etwa den zwanzigmillionsten Teil der Gesamtradioaktivität der gelagerten Brennstäbe auf, eine Menge, die ohne Schwierigkeiten von den Filtern und Ionenaustauschern der Wasserreinigungsanlage zurückgehalten werden kann.

Es hätte nahe gelegen, die Zwischenlagerung im Eingangslager der Wiederaufarbeitungsanlage vorzunehmen. Dieses günstige Konzept hatte damals keine Aussicht auf Verwirklichung, weil die Genehmigung der Gesamtanlage Gorleben einschließlich des Eingangslagers uno actu erfolgen sollte. Die Gesamtanlage hätte aber erst nach Vorliegen der Ergebnisse der Probebohrungen genehmigt werden können. Für das Eingangslager wäre das aber so oder so zu spät gewesen.

Daher entschieden sich Bund und Länder für die Errichtung wenigstens eines vom Entsorgungszentrum gelösten Zwischenlagers, als erstes für ein solches Lager am Standort Ahaus (Reg. Bezirk Münster) nahe der deutsch-niederländischen Grenze. Dort wurde dann lange Zeit mit allen gerechtfertigten und ungerechtfertigten Argumenten darüber gestritten, ob die ortsansässige Bevölkerung dieses nach sachverständiger Auffassung vergleichsweise gefahrlose Projekt annehmen oder ablehnen soll.

(13) Die seit der Jahresmitte 1978 verflossene Zeit stand im Zeichen vorsichtigen Taktierens in den Verhandlungen zwischen der Bundesregierung und der Niedersächsischen Landesregierung wie auch den Parteien, die diese beiden Regierungen tragen. Hierbei ging es um eine von der Bevölkerung akzeptierte Ausgangsposition bei der Einleitung der ersten konkreten Maßnahmen für die Vorbereitung des Baues des geplanten Entsorgungszentrums, nämlich um *Probebohrungen* (Aufschlußbohrungen) am Standort, die notwendig sind, um zu erkunden, ob der Salzstock unter Gorleben für die Einlagerung von hochradioaktivem Abfall geeignet ist[41]. Das RSK-SSK-Gutachten hatte nämlich festgestellt: »Aufgrund der großen Ausdehnung des Salzstocks Gorleben ist sichergestellt, daß die Lagerung von schwach- und mittelaktiven Abfällen dort möglich ist. Die große Ausdehnung des Salzstocks läßt weiterhin erwarten, daß genügend große Steinsalzpartien aufgefunden werden können, um auch die im Entsorgungszentrum anfallenden hochaktiven Abfälle aufzunehmen. Eine endgültige Bestätigung dieser Frage ist nach der Erkundung durch Aufschlußbohrungen sowie gegebenenfalls durch Schacht- und Streckenauffahrungen möglich.«

Das Zögern erklärt sich vor allem aus der Befürchtung, daß diese übrigens schon Ende 1977 von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) Braunschweig[42] beantragten und in deren Auftrag vorzunehmenden Bohrungen militante Ausein-

[41] Neben schon vorher durchgeführten Flachbohrungen für die Gebäudegründungen wurde eine erste Probebohrung (Tiefbohrung) bis auf fast 2000 m inzwischen abgeschlossen. Weitere Tiefbohrungen – insbesondere solche an der kurzzeitig »besetzten« und dann gewaltsam geräumten Bohrstelle 1004 – sind beendet worden. Die letzte – vierte – Bohrung erreichte am 9. Februar 1981 eine Tiefe von 1430 m.

[42] Die für die Errichtung und den Betrieb des Endlagers der radioaktiven Abfälle zuständige PTB hatte die Einleitung eines Planfeststellungsverfahrens für dieses Lager gemäß § 9a Atomgesetz bereits am 27. Juli 1977 beantragt.

andersetzungen mit Gegnern dieses Vorhabens auslösen werden, die selbst die Zusammenstöße, wie seinerzeit in Wyhl, Brokdorf, Grohnde und Kalkar in den Schatten stellen könnten.

Am 5. Juni 1981 teilte das zuständige Bundesministerium für Forschung und Technologie als Zwischenergebnis des Standortuntersuchungsprogramms für den Salzstock von Gorleben mit, daß aufgrund der vorliegenden Berichte der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe bisher keine Tatsachen bekannt sind, die begründete Zweifel an der bisherigen positiven Einschätzung des Salzstocks rechtfertigen. Nun soll noch vor Ende 1981 mit zwei Schachtbohrungen begonnen werden. Später werden Querstollen aufgefahren, um endgültige Gewißheit über die Eignung des Salzstocks zu erlangen.

(14) Um jeder Kritik, nicht zuletzt derjenigen gegnerischer Gruppen im eigenen Lande vorzubeugen, sah sich die Niedersächsische Landesregierung veranlaßt, die technischen, energiewirtschaftlichen und Sicherheitsaspekte des Gorleben-Projektes in einem eigens dazu angesetzten Untersuchungsverfahren mit abschließendem Symposium zu prüfen. An den im Juli 1978 begonnenen Untersuchungen nahmen fünf deutsche und zwanzig nichtdeutsche, der Kernenergie ablehnend gegenüberstehende »kritische Wissenschaftler« teil. Deren Stellungnahme wurde auf einem in der Zeit zwischen dem 28. März und dem 3. April 1979 veranstalteten, als »Rede – Gegenrede« titulierten *Gorleben-Hearing* unter der Leitung von C. F. v. Weizsäcker mit pro-Wissenschaftlern – sog. Gegenkritikern – diskutiert. Die auf der Grundlage der Ergebnisse dieses Symposiums dann wenig später vom niedersächsischen Ministerpräsidenten E. Albrecht gezogenen Schlußfolgerungen und entwickelten Vorschläge leiteten die nunmehr letzte Phase der Auseinandersetzungen um die Entsorgung der deutschen Kernkraftwerke ein. Hierauf wird eingegangen werden, nachdem anschließend zunächst der derzeit (August 1981) erkennbare Status der Entsorgung kurz skizziert worden ist.

4.5.5.2 Status der Entsorgung

(1) Nach dem bereits mehrfach zitierten Entsorgungsbericht der Bundesregierung vom 30. November 1977 kann in Deutschland mit den folgenden kumulierten Mengen an entladenem Brennstoff gerechnet werden:

bis 1977	570 t
bis 1978	770 t
bis 1979	1000 t
bis 1989	1400 t
bis 1983	3000 t
bis 1985	4300 t
bis 1990	9000 t

Neuere Untersuchungen haben diese Einschätzung nicht wesentlich geändert. Aufgrund einer vom Bundesministerium des Innern vorgenommenen Aktualisierung der Zweiten Fortschreibung des Energieprogramms der Bundesregierung wird erwartet, daß die Kernenergieleistung zur Jahrhundertwende 53 GWe erreicht. Der Anfall ausgedienter Brennelemente und die Kernkraftwerks-Leistung entwickelt sich so gemäß Abb. 78.

Gemäß den ursprünglichen Planungen sollte die vorgesehene 1400-jato-Wiederaufarbeitungsanlage (vgl. Abb. 79) etwa 1992/93 ihren Betrieb aufnehmen, was vorausgesetzt hätte, daß die für eine Genehmigung erforderlichen Probebohrungen alsbald in Angriff genommen werden und das Genehmigungsverfahren zügig abgewickelt wird. Im Rahmen dieser Planung wäre

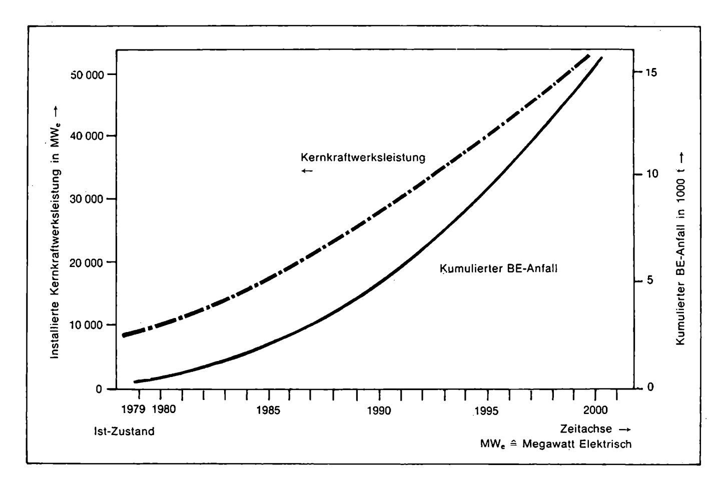


Abb. 78: Entwicklung der installierten Kernkraftwerksleistung und des kumulierten Brennelementanfalls bis zum Jahre 2000 aufgrund der Prognose des BMI.

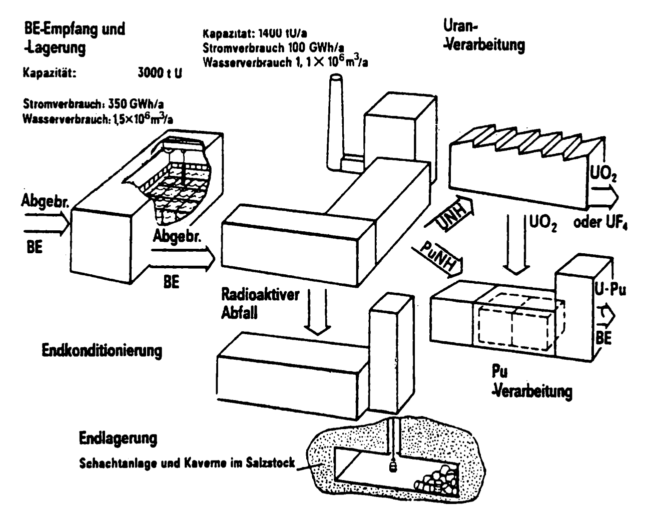


Abb. 79 Skizze des in Gorleben geplanten Entsorgungszentrums, Erläuterungen der Abkürzungen:

BE:	Brennelemente	U:	Uran
GWh:	Gigawattstunden (Mio kWh)	UNH:	Uranyl-Nitrat
Pu:	Plutonium	UF_6:	Uranhexafluorid
PuNH:	Plutonium-Nitrat	UO_2:	Uranoxyd

in Gorleben erst nach diesem Zeitpunkt der erste hochradioaktive Abfall zur Konditionierung und Endlagerung angefallen. Die hierfür vorgesehenen Anlageteile hätten erst 1994 betriebsbereit zu sein brauchen, so daß noch reichlich Zeit verblieben wäre, inzwischen gewonnene Erfahrungen zu verwerten. Unverändert gilt, daß für die Realisierung dieses oder eines entsprechenden Gesamtprojektes etwa 15 Jahre anzusetzen sind.

(2) Abb. 79 läßt die Vorteile der sog. Co-Location deutlich hervortreten:

• Im Vergleich zu einer Lösung, die auf viele andere Standorte zurückgreifen muß, werden ökologisch bedeutsame Eingriffe in die Landschaft durch die Schaffung *eines* Entsorgungszentrums reduziert;

• Durch die Zusammenfassung der Anlagenbereiche zu einem Zentrum wird eine vereinfachte und umfassende Umgebungsüberwachung möglich;

- Im Gegensatz zu einem Konzept von mehreren Anlagen an verschiedenen Standorten wird durch ihre Zusammenfassung an einem Standort die internationale Spaltstoffkontrolle erleichtert;
- Durch die für alle Anlagenbereiche nur einmal zu schaffende Infrastruktur ergibt sich eine Kostendegression;
- Der Schutz vor Terrorismus und gewaltsamen Eingriffen gegen die auf einem Grundstück zusammengefaßten Anlagen wird erleichtert und Kontrollen auf ein notwendiges Mindestmaß verringert;
- Transporte bestrahlter Brennelemente auch über Grenzen hinweg (wie derzeit noch in Abwicklung der Wiederaufarbeitungsverträge mit Frankreich) werden in ihrer Zahl minimiert bzw. vermieden;
- Die Endlagerung der radioaktiven Abfälle unmittelbar am Standort des Entsorgungszentrums in einem geologisch stabilen Salzstock hält Radioaktivität vom Biozyklus fern und vermeidet Transporte von radioaktiven Abfällen;
- Plutonium wird sofort am Standort des Entsorgungszentrums mit Uran vermischt und zu Brennelementen verarbeitet. Nur Brennelemente mit einer relativ niedrigen Plutoniumkonzentration verlassen das Entsorgungszentrum und sind dadurch nicht ohne weiteres mißbräuchlich zu verwenden.

(3) Vor der schrittweisen Inbetriebnahme des Entsorgungszentrums Gorleben oder auch einer alternativen Wiederaufarbeitungsanlage wird ein Teil der in der Bundesrepublik anfallenden abgebrannten Brennelemente durch die zum französischen Commissariat à l'Energie Atomique (CEA) gehörende Compagnie Générale des Matières Nucléaires (COGEMA) in ihrer Anlage in Cap de la Hague auf der Halbinsel Cotentin aufgearbeitet werden. Der Anfang April 1978 zwischen der Deutschen Gesellschaft für Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen (DWK) und der COGEMA für eine Laufzeit von fünf Jahren (1980 bis 1984) abgeschlossene Vertrag betrifft die Aufarbeitung von etwa 2300 Tonnen, übrigens zu Kosten in einer Größenordnung von 2,5 Mrd DM[43]. Der bei der Aufarbeitung anfallende hochradioaktive Abfall muß etwa ab 1990 zur Endlagerung zurückgenommen werden. Die deutsche Elek-

[43] Nach einer Erklärung ihre Generaldirektors P. Besse schloß die COGEMA bis Mitte 1979 Wiederaufarbeitungsverträge über insgesamt 6000 t mit verschiedenen europäischen Ländern sowie Japan.

trizitätswirtschaft hofft(e) – zumindest zeitweilig –, daß dies der letzte mit einem ausländischen Unternehmen abzuschließende Entsorgungsvertrag sein wird, da gemäß den Planungen deutsche Anlagen nach Abwicklung dieses Vertrags aufnahme- und betriebsbereit sein werden oder könnten.

4.5.6 Die jüngsten Auseinandersetzungen um die Verwirklichung des Entsorgungskonzepts

4.5.6.1 Die niedersächsische Regierungserklärung vom 16. Mai 1979 und der Bund-Länder-Beschluß vom 28. September 1979

Unabhängig vom offiziellen Genehmigungsverfahren für das Entsorgungszentrum Gorleben fand Ende März/Anfang April 1979 die bereits erwähnte Anhörung »Rede-Gegenrede«, das sogenannte »Gorleben-Hearing«, statt. 65 Wissenschaftler aus 10 Nationen nahmen an diesem Hearing teil. Aufgrund der Ergebnisse des Hearings forderte die niedersächsische Landesregierung in ihrer Regierungserklärung vom 16. Mai 1979 eine Herabsetzung der Höchstgrenzen für die radioaktiven Emissionen des Entsorgungszentrums, eine Verbesserung bestimmter Anlagenkomponenten und vorsorgliche Maßnahmen zur Handhabung radioaktiver Substanzen. Unter der Voraussetzung solcher Verbesserungen bestätigte die niedersächsische Landesregierung ausdrücklich, daß das geplante nukleare Entsorgungszentrum »sicherheitstechnisch realisierbar« sei, stellte dann aber im folgenden Halbsatz für alle Beteiligten und Betroffenen völlig unerwartet fest, daß es »politisch nicht durchgesetzt« werden könne – eine bemerkenswerte, erstmalig in einer politischen Auseinandersetzung formulierte Dissoziation zwischen dem für erforderlich und dem für erreichbar erachteten – eine Argumentation, die es verdient, nicht nur in dem hier gegebenen Kontext in allen ihren politischen Konsequenzen durchdacht zu werden.

In der hier zitierten Erklärung des niedersächsischen Ministerpräsidenten E. Albrecht vom 16. Mai 1979, der für den weiteren Ausbau der Kernergie in Deutschland wohl wichtigsten landespolitischen Entscheidung, heißt es im einzelnen: die Landesregierung habe sich davon überzeugt, daß die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem geeigneten Salzstock kein Risiko für die jetzt lebenden und die unmittelbar darauf folgenden Generationen mit sich bringt und daß auch das Risiko für spätere Generationen gering ist, wenn man es mit anderen Risiken

vergleicht. ... Unter der Voraussetzung, daß in dem Konzept der *Deutschen Gesellschaft für Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen (DWK)* noch Änderungen vorgenommen werden, läßt sich ein nukleares Entsorgungszentrum so bauen, daß die Bevölkerung und die Belegschaft keinen höheren Lebensrisiken ausgesetzt werden als durch andere industrielle und technische Einrichtungen, an die sich die Bevölkerung gewöhnt hat.

Obwohl ein nukleares Entsorgungszentrum sicherheitstechnisch grundsätzlich realisierbar sei, könne es politisch nicht durchgesetzt werden. Die Niedersächsische Landesregierung empfehle deshalb der Bundesregierung, das Projekt der Wiederaufarbeitung nicht weiter zu verfolgen. Statt dessen sollte unverzüglich ein neues Entsorgungskonzept beschlossen werden, dessen Grundlinien wie folgt beschrieben werden können:

- Sofortige Einrichtung inhärent sicherer Langzeitzwischenlager zur Entsorgung der Kernkraftwerke, d.h. von Zwischenlagern, die nicht abhängig sind vom Funktionieren technischer Einrichtungen.
- Vorantreiben der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur sicheren Endlagerung radioaktiven Abfalls.
- Tiefbohrungen am Salzstock und bei positivem Ergebnis bergmännische Erschließung des Salzstocks in Gorleben und, falls die Bohrungen negativ ausfallen sollten, Erkundung anderer Endlagerstätten.

Entscheidung über die zweckmäßige Form der Behandlung und Endlagerung radioaktiven Abfalls erst dann, wenn Klarheit über die energiepolitische Zukunft besteht.

Die ersten angekündigten Tiefbohrungen in Gorleben sind dann auch im Septemer 1979 und im Mai 1980 aufgenommen worden – fast schon selbstverständlich unter Polizeieinsatz und gegen Widerstand.

Die Bundesregierung erklärte demgegenüber, sie begrüße, daß die Niedersächsische Landesregierung das integrierte Entsorgungskonzept der Bundesregierung im Grundsatz für sicherheitstechnisch realisierbar hält und daß sie bereit ist, umgehend mit den notwendigen Tiefbohrungen zur Erkundung der Eignung des Salzstockes Gorleben zu beginnen. Das Atomgesetz verpflichte aber zur Entsorgung der Kernkraftwerke durch Wiederaufarbeitung und Endlagerung. Deswegen halte die Bundesregierung an ihrem integrierten Entsorgungskonzept fest. Sie nehme daher mit Bedauern zur Kenntnis, daß die Niedersächsische Landesregierung in ihrer vorläufigen Stellung-

nahme empfiehlt, das Projekt der Wiederaufarbeitung nicht weiter zu verfolgen. Die Bundesregierung werde mit der Niedersächsischen Landesregierung die Möglichkeit erörtern, bei der Verwirklichung des integrierten Entsorgungskonzepts schrittweise vorzugehen. Das bedeute, jetzt die zunächst und auf absehbare Zeit zur Sicherstellung der Entsorgung notwendigen Maßnahmen zu ergreifen: Errichtung ausreichender Zwischenlagerungskapazität, geologische Untersuchung und bergmännische Erschließung des vorgesehenen Salzstocks. Dadurch werde ausreichend Zeit gewonnen für ergänzende Untersuchungen über die Gestaltung der Wiederaufarbeitung und über die Realisierbarkeit alternativer Entsorgungstechniken.

Schon vorher, am 17. Mai 1979 hatte die DWK auf die Erklärung der niedersächsischen Landesregierung, die Wiederaufarbeitung sei derzeit politisch nicht durchsetzbar, mit Bedauern reagiert und entgegengehalten, sie halte schon deshalb am integrierten Entsorgungskonzept fest, weil § 9a des Atomgesetzes zwingend vorschreibe, daß die Verwertung der verbrauchten Brennelemente durch Wiederaufarbeitung zu erfolgen habe, sofern dies – wie die Landesregierung anerkenne – sicherheitstechnisch möglich sei.

Unter dem Eindruck der Kritik auch aus den eigenen Reihen präzisierte der niedersächsische Ministerpräsident seine Haltung in einem Ende Juni 1979 an den Bundeskanzler gerichteten Schreiben: Er habe (für die Zeit, in welcher das Projekt der Wiederaufarbeitung nicht weiter verfolgt werden solle) »Vokabeln wie ›für den Zeitraum, für den wir zu entscheiden haben‹, ›für diese Generation‹, ›für diese Politiker-Generation‹ gebraucht, alles (dies seien) Begriffe, die interpretationsfähig sind und über die gesprochen werden kann. Entscheidend ist, daß die Arbeiten zur Vorbereitung eines Endlagers weitergehen, und daß die Entsorgungskopplung nicht den Betrieb der vorhandenen Kernkraftwerke lahmlegt und den Bau weiterer verhindert«.

Die durch die Erklärung der niedersächsischen Landesregierung geschaffene neue Lage war Anlaß der am *28. September 1979* unter der Leitung des Bundeskanzlers stattgefundenen Aussprache zwischen den Ministerpräsidenten der Länder und den zuständigen Bundesministern. Diese Aussprache führte im Ergebnis zu dem seinerzeit keineswegs erwarteten und zudem noch einstimmigen Beschluß, es solle an dem Entsorgungskonzept der Bundesregierung festgehalten werden, es sei aber zu

untersuchen, ob die umstrittene Wiederaufarbeitungsanlage, die »zügig errichtet werden« solle, gegebenenfalls auch an einem anderen Standort gebaut werden könne. Da Niedersachsen weiterhin bereit war, das Endlager in Gorleben einzurichten, entfiel damit auch die bislang vertretene Forderung einer räumlichen Zusammenfassung aller für die Entsorgung notwendigen Anlagen.

In dem Bund-Länder-Beschluß vom 28. September 1979 heißt es weiter: Gleichzeitig werden auch andere Entsorgungstechniken untersucht, wie z. B. die direkte Endlagerung[43a] von abgebrannten Brennelementen ohne Wiederaufarbeitung. Die Untersuchung der Realisierbarkeit und Sicherheit dieser Technik solle so zügig durchgeführt werden, daß es in der Mitte der 80er Jahre möglich wird, abschließend zu beurteilen, ob sich aus dieser Technik entscheidende sicherheitstechnische Vorteile ergeben können. Die Regierungschefs begrüßen sodann die Bereitschaft verschiedener Länder, externe Zwischenlager aufzunehmen und Kompaktlager[44] zuzulassen. Besonders hervorgehoben wird die Bereitschaft Niedersachsens, die Errichtung eines Endlagers in Gorleben zuzulassen, sobald die Erkundung und bergmännische Erschließung des Salzstocks ergibt, daß dieser für eine Endlagerung geeignet ist.

Der Zeithorizont bis Mitte der 80er Jahre, den sich die Regierungschefs des Bundes und der Länder für ihre Planung gesetzt haben, entspricht nach Meinung der Fachleute den sachlichen Entsorgungsnotwendigkeiten und den erwarteten Realisierungsmöglichkeiten. Ein »entsorgungstechnologischer Fadenriß« wäre in Deutschland damit nicht mehr zu befürchten, vorausgesetzt, daß alsbald die nötigen Entscheidungen vorbereitet und gefällt werden.

[43a] »Endlagerung« (nicht Entlagerung, wie es im Bulletin der Bundesregierung vom 11. 10. 79 heißt) ist irreversible Lagerung. Die gelegentlich geforderte »rückholbare Endlagerung«, ein sprachliches Monstrum, meint Lagerung im tiefen Untergrund mit der Möglichkeit, die Brennelemente gegebenenfalls auch zurückzuholen.

[44] Der Hessische Verwaltungsgerichtshof in Kassel hob am 18. Juli 1980 einen Beschluß des Verwaltungsgerichts Darmstadt auf, der die Kompaktlagerung der bestrahlten Brennelemente des Kernkraft-Blockes Biblis B untersagte. Wegen fehlender Lagermöglichkeiten für die bestrahlten Elemente braucht damit keiner der beiden Biblis-Blöcke abgeschaltet zu werden.

4.5.6.2 Die hessische Initiative, das Votum der Enquête-Kommission, der »parallele Weg«

(1) Eine neue Wende in der politischen Auseinandersetzung um die Entsorgung der deutschen Kernkraftwerke ist durch die hessische Landesregierung eingeleitet worden. Ende des Jahres 1979 gaben der hessische Ministerpräsident Börner und der Wirtschaftsminister Karry zu erkennen, daß das Land Hessen ein Genehmigungsverfahren für eine Wiederaufarbeitungsanlage in seinem Hoheitsbereich durchführen wolle. Diesem Schritt der hessischen Landesregierung kommt besondere Bedeutung zu. Offenbar ist die Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente und damit die Entsorgung von Kernkraftwerken in der Bundesrepublik Deutschland doch »politisch machbar«. Die hessische Landesregierung erfüllt mit ihrem Vorstoß das von allen Regierungschefs aus Bund und Ländern am 28. September 1979 gegebene Wort, darauf hinzuwirken, »... daß eine Wiederaufarbeitungsanlage so zügig errichtet werden kann, wie dies unter Beachtung aller in Betracht kommenden Gesichtspunkte möglich ist.«

Im Gegensatz zur ursprünglich für Gorleben geplanten Kapazität (1400 Jahrestonnen-Durchsatz) soll nach dem Wunsch der hessischen Landesregierung die dort geplante Anlage nur eine Kapazität von 350 Jahrestonnen haben[44a]. Diese »kleine Anlage« ist dadurch gekennzeichnet, daß sie sowohl hinsichtlich der einzelnen Anlagenteile als auch hinsichtlich ihrer Jahreskapazität eine 10fache Vergrößerung der in der Bundesrepublik Deutschland bereits seit fast 10 Jahren arbeitenden Karlsruher Wiederaufarbeitungsanlage darstellt. Die Kapazität der »kleinen Anlage« reicht aus, um die aus den jetzt und in naher Zukunft vorhandenen deutschen Kernkraftwerken anfallenden Brennelemente wiederaufzuarbeiten. Der Genehmigungsantrag für diese Anlage wurde am 25. Februar 1980 bei der hessischen Landesregierung gemäß § 7 AtG eingereicht. Die Anlage soll fünf Bereiche umfassen:

- Brennelement-Bereitstellung,
- Wiederaufarbeitung,
- Mischoxidherstellung,

[44a] In einem im Mai 1981 erstatteten Gutachten für das BMFT empfiehlt der Vorstandsvorsitzende der KFA Jülich W. Häfele eine Leistung zwischen 400 und 800 jato für die vorgesehene Demonstrations-Wiederaufarbeitungsanlage.

– Abfallbehandlung,
– Versorgungs- und Verwaltungseinrichtungen.

Seinem vor der Wirtschaftministerkonferenz am 27./28. August 1980 in Kiel erstatteten Bericht fügte der Vorstandvorsitzende der DWK G. Scheuten die Feststellung hinzu, die beantragte 350 t-Anlage werde zwischen 1993 und 2000 rd. 2400 t abgebrannte Elemente aufarbeiten können. Im Jahre 2000 verbliebe dann noch eine aufarbeitungsbedürftige Menge zwischen 5000 und 10300 t Brennelementen, zu der in den ersten Jahren des nächsten Jahrhunderts 520 bis 1400 t jährlich hinzukämen. Über die Entsorgung dieser Mengen sei noch politisch zu entscheiden.

Nach dem Verständnis aller Beteiligten soll diese Anlage unabhängig von der Mitte der 80er Jahre zu fällenden Grundsatzentscheidung zugunsten der einen oder anderen Entsorgungstechnologie gebaut und betrieben werden.

Die Bundesregierung hat die hessische Initiative lebhaft begrüßt und das zugrundeliegende Konzept uneingeschränkt gutgeheißen (vgl. die Antwort der Bundesregierung vom 23. Juli 1980 auf die im Bundestag gestellte Kleine Anfrage zur Wiederaufarbeitungsanlage für Kernbrennstoffe in Hessen; Drucksache Nr. 8/4420). Die parallelen Untersuchungen anderer Entsorgungstechniken sind nach einer Feststellung der Bundesregierung nicht als Bremse für die zügige Verwirklichung einer kleinen Wiederaufarbeitungsanlage anzusehen. Dies würde zu Sinn und Ziel des Beschlusses der Regierungschefs von Bund und Ländern in Widerspruch stehen, ein sicherheitstechnisch optimales Entsorgungskonzept zu verwirklichen.

(2) Nach der hessischen Initiative zeigte sich auch in anderen Ländern Interesse an dem Bau einer »kleinen Wiederaufarbeitungsanlage«:

- Die rheinland-pfälzische und die hessische Landesregierung vereinbarten am 22. Oktober 1980, auf dem Gebiete der Entsorgung eng zusammenzuarbeiten und zwar sowohl bei den Prüfungsverfahren für die Errichtung von Wiederaufarbeitungsanlagen, als auch bei den länderspezifischen Auflagen für die Genehmigung solcher Anlagen. Was die Errichtung einer Wiederaufarbeitungsanlage in Rheinland-Pfalz betrifft, so wäre mit einer Entscheidung aber nicht vor 1984/85 zu rechnen. Die Planung einer solchen Anlage wird inzwischen – übrigens in weitgehender Übereinstimmung der drei Parteien – vorangetrieben.
- Seit dem September 1980 ist auch Bayern an einer Wiederauf-

arbeitungsanlage interessiert. Nach einer am 3. Dezember 1980 vor dem Landtag abgegebenen Erklärung des Ministerpräsidenten Strauß ist die bayerische Staatsregierung jedenfalls bereit zu prüfen, ob in Bayern ein geeigneter Standort für eine solche Anlage vorhanden ist. An dem ins Gespräch gekommenen möglichen Standort Schwandorf-Wackersdorf gab es dann auch die ersten Proteste.

• Schließlich zeigt auch das Land Niedersachsen Interesse an einer »kleinen Wiederaufarbeitungsanlage«. Dies erklärte die Wirtschaftsministerin B. Breuel am 15. September 1980 in Hannover. Sie hielt eine solche Wiederaufarbeitungsanlage sowohl für machbar als auch für notwendig. Gorleben stehe als Standort für diese kleine Anlage aber nicht mehr zur Verfügung. Ein anderer konkreter Standort wurde bisher aber nicht genannt.

In Kenntnis dieser Initiativen gab der Bundesminister des Inneren, G. Baum, am 22. November 1980 »Kriterien zur Standortvorauswahl für Wiederaufarbeitungsanlagen« bekannt, die die Regierungschefs von Bund und Ländern am 28. September 1979 in Auftrag gegeben hatten und die von seinem Ministerium in Zusammenarbeit mit dem Bund-Länder-Ausschuß für Atomkernenergie erarbeitet wurden.

Unter den möglichen Standorten, zwischen denen der hessische Wirtschaftsminister Karry auf Grund eines Hessen-spezifischen Kriterienkatalogs im Mai 1981 eine Wahl treffen wollte, war auch die nordhessische Gemeinde Volkmarsen mit 7200 Einwohnern. Die hessische Kommunalwahl am 22. März 1981 zeigte dann aber, daß dieses Projekt von den Einwohnern dieser Gemeinde deutlich abgelehnt wurde: eine Wählergemeinschaft, die den Kampf gegen die Entsorgungsanlage zum einzigen Programmpunkt hatte, erhielt auf Anhieb 41,6% der Stimmen. Unbeirrt von diesem Ergebnis erklärte der hessische Ministerpräsident nach der Wahl, er habe eine Politik zum Wohle des Gesamtlandes zu betreiben und dürfe vor Protesten nicht zurückschrecken. Daraufhin schlug die DWK am 9. Juni 1981 vor, die Wiederaufarbeitungsanlage in Wethen auf dem Gebiet der Gemeinden Diemelstadt und Volkmarsen im Kreis Waldeck-Frankenberg zu errichten. Diese Wahl wurde aufgrund der Vorgaben des Bundes und des Landes Hessen wie auch unter Berücksichtigung energiespezifischer Kriterien getroffen. Die unverzüglich (auch von außen) in den engeren Standortbereich getragene Unruhe fand dann aber schnell und überraschend ein Ende, als der neue hessische Minister für Wirtschaft und Verkehr

J. Hoffie am 18. August 1981 bekanntgab, daß dieser Standort nicht in Betracht komme, weil er »aus geologischer Sicht« ungeeignet sei. Nun bleibt die weitere Entwicklung abzuwarten.

(3) In ihrem im Juni 1980 vorgelegten Bericht hat sich die Enquête-Kommission »Zukünftige Kernenergiepolitik« des Deutschen Bundestages der durch die hessische Initiative vorgezeichneten Linie, wenn auch verklausuliert, angeschlossen. »Leitgedanke der Phase Kernenergie I (d.h. der Zeit bis etwa 1990) ist die Entwicklung und Demonstration ... der Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente mit Konditionierung und Endlagerung des Abfalls« (Mehrheitsvotum). Und andererseits: »Die Entsorgung mit Wiederaufarbeitung ist einer politischen Lösung zuzuführen, deshalb muß eine gegenüber Gorleben entsprechend kleinere Anlage, die zur industriellen Wiederaufarbeitung geeignet ist, zügig verwirklicht werden« (Minderheitsvotum). Nach Auffassung aller Mitglieder der Kommission soll daneben aber auch der »parallele Ansatz«, d.h. eine Entsorgung ohne Wiederaufarbeitung der ausgedienten Brennelemente, untersucht werden.

Bei den Auseinandersetzungen innerhalb der Kommission ging es in erster Linie um die Frage, ob und wie eine Verfolgung des parallelen Ansatzes die Realisierung der geplanten Anlage gewollt oder ungewollt verzögern könnte. Die Mehrheit der Kommission meint: »Der parallele Ansatz für die 80er Jahre gewährleistet, das entsorgungs- wie versorgungspolitisch Gebotene im Rahmen der ›Logik der zwei Wege‹ zu tun.« Eine zu Beginn der Phase II, also in 1990, zu treffende Entscheidung zwischen den beiden Wegen – oder auch eine Entscheidung zugunsten einer Kombination dieser beiden Wege – ist aber nur dann möglich, wenn in der Phase I – bis 1990 – die Realisierbarkeit jedes der beiden Wege ausreichend hat geprüft werden können. Für den ersten der beiden Wege, die Wiederaufarbeitung und die Konditionierung des Abfalls, heißt dies aber zumindest, daß mit dem Bau einer kleineren industriellen Anlage alsbald begonnen wird[45]. Der Verfasser hätte es begrüßt, wenn

[45] In ihrer bereits erwähnten Antwort vom 23. Juli 1980 auf eine Kleine Anfrage im Deutschen Bundestag (Drucksache 8/4420) stellt die Bundesregierung fest, daß für die Konditionierung und Endlagerung *un*aufgearbeiteter Brennelemente bisher nur Konzeptbeschreibungen vorliegen und weltweit noch kein der Wiederaufarbeitung vergleichbarer Stand von Wissenschaft und Technik erreicht sei. Bis 1984 könnten keine genehmigungsfähigen Antragsunterlagen zur direkten Endlagerung erarbeitet werden. Der in dieser Antwort nicht genannte Grund für

die Mehrheit der Kommission auch diese letzte ›logische‹ Schlußfolgerung deutlich gemacht hätte.

(4) Der in Deutschland zuerst von Ministerpräsident E. Albrecht am 16. Mai 1979 vorgeschlagene, dann als mögliche Alternative in den Entsorgungsbeschluß der Regierungschefs von Bund und Ländern vom 28. September 1979 aufgenommene und schließlich in dem Bericht der (ersten) Enquête-Kommission vom 26. Juni 1980 in den Vordergrund gerückte »parallele Weg« einer Entsorgung ohne Wiederaufarbeitung ist seit dieser Zeit Gegenstand eingehender Studien und lebhafter Auseinandersetzungen. Hier sei unter anderem hingewiesen auf die Studie des Kernforschungszentrums Karlsruhe »Vergleich verschiedener Entsorgungsalternativen und Beurteilung ihrer Realisierbarkeit« (KfK-Bericht Nr. 3000 v. Herbst 1980). Folgende Kernsätze kennzeichnen den Stand der Erkenntnisse, Probleme und Auseinandersetzungen:

- Direkte Endlagerung wäre »akzeptabler« als Entsorgung via Wiederaufarbeitung.
- Nach den Ergebnissen von INFCE sprechen eindeutige Proliferationsgründe weder gegen eine Wiederaufarbeitung noch gegen den »parallelen Weg«.
- Technisch-wissenschaftliche Gründe, die einer direkten Endlagerung der abgebrannten Brennelemente entgegenstehen könnten, sind derzeit nicht zu erkennen. Dieses Verfahren ist aber noch nicht Stand von Wissenschaft und Technik.
- Mit direkter Endlagerung wird auf wertvolle Energierohstoffe verzichtet. Dementsprechend entsteht auch schon dann ein nicht unerheblicher Mehrbedarf an Uran (etwa 30%), wenn die Technik bei dem gegenwärtig erreichten Entwicklungsstand des Leichtwasserreaktors stehen bleiben sollte. Brüter in Deutschland wären auf einzuführende Kernbrennstoffe angewiesen. Die Tatsache allein reicht zur Rechtfertigung des Baues einer Wiederaufarbeitungsanlage aber nicht aus.
- Direkte Endlagerung verbietet, radioaktive Abfälle entsprechend ihrem unterschiedlichen Gefährdungsniveau zu behandeln. Auf das im Endlager ungeschmälert verbleibende Plutonium könnte zu jeder Zeit mißbräuchlich zugegriffen werden.
- Von besonderem Nachteil wäre, wenn mit dem Argument, die Option für die direkte Endlagerung offenzuhalten und de-

diese Schwierigkeit mag in dem hohen PuGehalt der nichtaufbereiteten Brennelemente liegen.

ren Realisierungsmöglichkeiten vorrangig zu prüfen, der Bau einer »kleinen Wiederaufarbeitungsanlage« in Deutschland so lange hinausgeschoben würde, bis hieran kein Interesse mehr bestünde, weil der inzwischen in anderen Ländern erreichte technische Vorsprung nicht mehr aufzuholen ist.

4.5.6.3 Verzögerungsbedingte Übergangslösungen

Die Auseinandersetzungen um das deutsche Entsorgungskonzept seit dem Jahre 1972 und die dadurch bedingten Verzögerungen in der Verwirklichung dieses Konzepts erfordern Zwischenlösungen für die Unterbringung und Wiederaufarbeitung der anfallenden Brennelemente. Eine dieser Zwischenlösungen ist der bereits erfolgte Abschluß von Verträgen zur Wiederaufarbeitung von ca. 2300 t U abgebrannter deutscher Brennelemente bei der französischen Wiederaufarbeitungsfirma COGEMA. Sollte die COGEMA ihre Abnahmeverträge wider Erwarten nicht verlängern, so könnte eine Wiederaufarbeitung in der britischen Anlage in Windscale erfolgen. Ein deutsch-britisches Regierungsabkommen vom August 1980 sieht diese Möglichkeit vor.

Darüber hinaus ist die Errichtung von *Brennelementzwischenlagern* notwendig, für die es zwei grundsätzliche Varianten gibt: die Lagerung in Lagerbecken (Naßlager) und die sogenannte Trockenlagerung (z.B. in Transportbehältern). Beide Varianten der Zwischenlagerung von abgebrannten Brennelementen, die später wiederaufgearbeitet werden sollen, sind nach Meinung aller maßgebenden Gutachter problemlos für die Umwelt zu bewältigen.

Ein Genehmigungsantrag für ein erstes Zwischenlager mit einer Kapazität von 1500 t U ist für einen Standort in der Nähe der westfälischen Stadt Ahaus im Münsterland bereits gestellt worden. Für ein weiteres Zwischenlager – ebenfalls 1500 t U – an einem Standort bei Gorleben wurde am 8. April 1980 die Genehmigung bei der zuständigen Behörde nachgesucht[46]. In beiden Fällen handelt es sich um sog. Transportbehälterlager d.h. um Vorrichtungen der trockenen Lagerung der abgebrannten, aber nicht wiederaufgearbeiteten Brennelemente in den Originalbehältern, in welche sie aus den Naßlagern der Kern-

[46] Trägergesellschaft dieses Zwischenlagers ist die am 15. Juli 1980 gegründete Brennelementlager Gorleben GmbH (BLG) in Gorleben, eine Tochtergesellschaft der DWK, Hannover.

kraftwerke eingefüllt wurden. Die Prototypen dieser unter der Bezeichnung CASTOR eingeführten Behälter wurden mannigfaltigen Sicherheitstests mit Erfolg unterworfen: Fallversuchen aus 9 m Höhe auf ein unnachgiebiges Fundament, Fallversuchen aus 1 m Höhe auf einen Stahldorn, Feuertests bei einer Temperatur von 800 °C während einer halben Stunde und Beschußtests, die den Aufprall eines Flugzeugs simulieren. Die Nachzerfallswärme wird bei diesen Behältern von der Wandung aufgenommen und über die Oberflächenrippen an die Umgebungsluft voll abgegeben.

Unter der Hypothese der Rückführung der durch Wiederaufarbeitung gewinnbaren Kernbrennstoffe in herkömmlichen Leichtwasserreaktoren haben die in einem der Zwischenlager unterzubringenden Brennelemente im Gewicht von 1500 t einen Energieinhalt von 47 Mio t SKE. Rezyklierung in Leichtwasser-Hochkonverter-Reaktoren ergäbe 235 Mio t SKE.

Das Genehmigungsverfahren für das vorrangige Zwischenlager in Gorleben ist in die schon gewohnten Schwierigkeiten geraten. Die zweite (Baurechts-)Kammer des Verwaltungsgerichts Stade mit Sitz in Lüneburg entschied am 11. September 1981, die Einrichtung der Baustelle für das Zwischenlager zu untersagen, da mit der von der Kreisverwaltung Lüchow-Dannenberg genehmigten Grundstücksumschließung für dieses Lager bereits vollendete Tatsachen geschaffen würden.

Die schleppenden und zudem ungewissen Genehmigungsverfahren für die beiden bezeichneten Zwischenlager erfordern, daß die bei den Kernkraftwerken befindlichen Möglichkeiten der Lagerung ausgebrannter Brennelemente so weit wie möglich genutzt werden. Sind die Grenzen erreicht, so müssen neue Lagermöglichkeiten geschaffen werden. Dies geschieht am einfachsten und zweckmäßigsten durch die Umwandlung von Normallagern in *»Kompaktlager«*. In Normalgestellen sind die Brennelemente in einem Abstand zueinander gelagert, der gewährleistet, daß die Anordnung in reinem Wasser ohne beigemischte Neutronengifte unterkritisch bleibt. In Kompaktlagern verhindern redundante technische Einrichtungen und Maßnahmen, daß die Anlage kritisch wird. Kompaktlagergestelle erlauben eine dichtere Anordnung und damit eine Erhöhung der Lagerkapazität von zumeist $^3/_3$ bis $^5/_3$ auf regelmäßig $^9/_3$ Kernladungen für jeweils einen Block. Da bei Leichtwasserreaktoren in jedem Jahr $^1/_3$ der Brennelemente ausgewechselt wird, bringen Kompaktlager eine Erhöhung der Lagervorhaltezeit von 3

bis zu 9 Jahren. Die Reaktorsicherheitskommission des Bundesinnenministeriums hat zu den für die verschiedenen Kernkraftwerke beantragten Kompaktlagern stets positiv Stellung genommen, d.h. festgestellt, daß eine solche Lagerung die Sicherheit nicht beeinträchtige. Auch die öffentlichen Erörterungstermine haben diese Feststellungen stets bestätigt. Demgemäß wurden bis 1980 in den Ländern der westlichen Welt für insgesamt 229 Kernkraftwerke, davon 18 in der Bundesrepublik, 135 Kompaktlager, davon 11 in der Bundesrepublik, beantragt und zu einem Teil genehmigt und installiert[47]. Im Falle Biblis wurde die bereits genehmigte Lagerung vorübergehend im Jahre 1980 durch verwaltungsgerichtliche Entscheidungen blockiert. Das Verwaltungsgericht Regensburg beschränkte durch Urteil vom 9. April 1981 die Belegungsdauer des Kompaktlagers für das Kraftwerk Isar I in Ohu bis zum 1. Mai 1984[47a].

Der Bund/Länder-Kommission für Atomkernenergie geht, wie bereits erwähnt, davon aus, daß bis zur Jahrhundertwende in Deutschland 53 GWe nukleare Leistung installiert sein werden. Damit fielen bis zu diesem Zeitpunkt insgesamt 15300 t abgebrannte Brennstoffe an. Unter der Annahme, daß die zu Kompaktlagern umgestalteten Lagerbecken bei den Kraftwerken voll genutzt und die bereits abgeschlossenen Entsorgungsverträge mit der COGEMA erfüllt werden, wären bis zum Jahr 2000 rund 4000 t abgebrannte Brennelemente außerhalb der Kraftwerke zu lagern. Geschieht dies in Zwischenlagern mit jeweils 1500 t Fassungsvermögen, so müßten ein erstes Zwischenlager 1985, ein zweites 1994 und ein drittes 1997 aufnahmebereit sein.

[47] Angaben nach R. F. Bokelmann, E.-D. Oblak und R. Kühnel, Brennelementlagerung, Atom und Strom, 4/80, S. 97f.

[47a] Inzwischen wurden zwei einander widersprechende Urteile gefällt:

Am 3. September 1981 verbot die Dritte Kammer des Verwaltungsgerichts Darmstadt, die Lagerkapazität für abgebrannte Brennelemente unter der Reaktorkuppel des Blockes Biblis A zu erhöhen, weil dies mit dem Atomgesetz nicht zu vereinbaren sei. Damit wurde ein im März 1980 vom Minister für Wirtschaft und Verkehr des Landes Hessen erteilter Genehmigungsbescheid aufgehoben.

Nur wenige Tage vorher – am 20. August 1981 – hob der Bayerische Verwaltungsgerichtshof in München die im April 1981 vom Verwaltungsgericht Regensburg verfügte zeitliche Begrenzung der Erlaubnis einer Kompaktlagerung bis zum 1. Mai 1984 für das Kernkraftwerk Isar I in Ohu (siehe oben) wieder auf. Dieses – höhere – Gericht erachtet die Kompaktlagerung somit als atomrechtlich zulässig.

4.5.7 Auseinandersetzung mit drei kritischen Argumenten

Auch nach dem am 19. bzw. 20. Oktober 1977 abgegebenen positiven Votum von RSK und SSK bleibt die Wiederaufarbeitung mit Endlagerung des hochradioaktiven Abfalls in einem Salzstock umstritten, wie überhaupt das Entsorgungskonzept der Bundesregierung. Aus der Fülle der Feststellungen, die die zahlreichen Bedenken ausräumen sollen, seien hier nur drei herausgegriffen:

(1) Mit dem seit über 25 Jahren angewandten PUREX-Verfahren konnten weltweit umfassende Erfahrungen gesammelt werden: Bis Ende 1979 wurden an Brennelementen, gemessen nach dem Uraninhalt, etwa 60000 t aus militärischen Plutonium-Produktions-Reaktoren[48], mehr als 28000 t aus Reaktoren vom Magnox-Typ und etwa 900 t aus Leichtwasser-Reaktoren wiederaufgearbeitet, und zwar in den USA, bei der EUROCHEMIC, in Windscale, La Hague und zu einem nicht unwesentlichen Teil in der WAK, der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe[49]. Diese Erfahrungen hätten bei der ursprünglich für einen Jahresdurchsatz von 1400 t ausgelegten Anlage voll genützt werden können und stehen nunmehr für die Konzeption, den Bau und den Betrieb einer der geplanten 350-t-Anlagen zur Verfügung. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Besonderheiten der hochabgebrannten oxidischen Brennelemente nur einen begrenzten Sektor der Betriebserfahrungen betreffen.

(2) Zwischen den im Salzstock endzulagernden Spaltprodukten und dem Biozyklus liegen drei Barrieren: erstens die chemische Einbindung der radioaktiven Stoffe in auslaugungs-resistente Glasblöcke; zweitens die Lagerung dieser Blöcke 1000 m

[48] Der Unterschied zwischen der militärischen Wiederaufarbeitung von Brennelementen und der zivilen ist gering. Dies liegt daran, daß die Brennelemente aus den Kernkraftwerken vor der Wiederaufarbeitung längere Zeit gelagert werden, so daß die Radioaktivität abklingt. Im militärischen Bereich werden die Brennelemente relativ schnell, z. B. nach 60 Tagen, wiederaufgearbeitet, um Plutonium für militärische Zwecke zu gewinnen. Die Brennelemente aus Leichtwasserreaktoren haben zwar eine höhere Spaltprodukt-Aktivität je t Uran und sind deshalb schwieriger wiederaufzuarbeiten. Durch längere Lagerzeit der Brennelemente aus dem zivilen Bereich kann man diesen Effekt aber weitgehend ausgleichen. Ein Vergleich zwischen ziviler und militärischer Wiederaufarbeitung unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Lagerzeit der Brennelemente ist daher zulässig.

[49] W. Schüller, Kann man Kernenergie angesichts des Entsorgungsproblems heute verantworten? Vortrag auf der Reaktortaqung '77 (April 1977). Bislang hat die WAK etwa 115 t abgebrannte Brennelemente durchgesetzt und etwa 700 kg Plutonium zurückgeführt.

unter der Erdoberfläche, so daß etwaige ausgelaugte Spaltprodukte wegen ihrer geringen Wanderungsgeschwindigkeit erst nach Jahrtausenden bis an die Erdoberfläche gelangen würden, und drittens die wasserabschirmende Wirkung der hierfür in der norddeutschen Tiefebene in Aussicht genommenen, seit mehr als 100 Millionen Jahren nicht mehr wesentlich veränderten Steinsalzformationen. Andererseits klingt die Radioaktivität des nuklearen Abfalls langsam ab und erreicht nach längerer Zeit das Niveau der Radioaktivität der Uranvorkommen in der Erdrinde. Es ist somit falsch, davon zu sprechen, daß radioaktive Abfälle ein Risiko für praktisch unbegrenzte Zeit darstellen. Auch sollte man bedenken, daß weltweit die Mengen radioaktiven Abfalls aus militärischer Verwendung um mehr als eine Zehnerpotenz größer sind als die Mengen aus der hier allein untersuchten friedlichen Verwendung.

(3) Hier ist der Ort, um auf einige Aussagen in dem vieldiskutierten Buch von Robert Jungk ›Der Atom-Staat‹ einzugehen, weil diese Aussagen typisch sind für eine einseitige und damit falsche Wertung der Sicherheitsaspekte von Kernenergieanlagen. Diese Aussagen weckten nicht nur Zweifel daran, ob es sich bei der COGEMA um einen »ausreichend ausgerüsteten Vertragspartner« handelt, der die übernommene Verpflichtung zur Wiederaufarbeitung einhalten kann; sie trugen auch bei zu dem ohnehin schon vorhandenen Unbehagen gegen das deutsche Entsorgungsprojekt.

Im ersten Kapitel dieses Buches, das den Titel *»Das Strahlenfutter«* trägt, befaßt sich der Autor ausschließlich mit den Verhältnissen in der französischen Wiederaufbereitungsanlage in La Hague auf der Halbinsel Cotentin. Nach Gesprächen mit »kritischen Gewerkschaftlern« von La Hague stellt Robert Jungk fest: »Hier büßen die Menschen nicht nur ihre Gesundheit ein, sondern auch die Sprache und ihr Recht auf Selbstbestimmung.« Und er zitiert das Komitee gegen Atomverschmutzung in La Hague mit der Feststellung, »die Strahlenmenge (in der Umgebung der Anlage) überschreite an vielen Stellen zehn-, fünfzehn-, zwanzigfach die gesetzlich zulässige Höchstgrenze«.

Um diese Feststellung zu verifizieren, hat der Verfasser bei den zuständigen französischen Behörden Auskünfte eingeholt. Das führte zu folgenden, der interessierten Öffentlichkeit zugänglichen Feststellungen:

Die Strahlenbelastung der in der Anlage von La Hague Tätigen ist stets unter den gesetzlich fixierten Höchstwerten geblie-

ben, die übrigens ebenso wie die entsprechenden deutschen Höchstwerte auf den EURATOM-Grundnormen beruhen[50].

Kein Störfall, der die Sicherheit der Bevölkerung in der Umgebung der Anlage durch unzulässige Freisetzung von Radioaktivität gefährdet hätte, fand jemals statt.

Dabei wird keineswegs geleugnet, daß die Umstellung von der Wiederaufarbeitung schwach bestrahlter Elemente der französischen Graphit-Gas-Reaktoren auf die Wiederaufarbeitung der stärker bestrahlten Elemente von Leichtwasser-Reaktoren Schwierigkeiten mit sich gebracht hat und wohl auch noch bringen wird. Hinzu kommt, daß die Beziehungen zwischen der betreibenden Gesellschaft COGEMA und den örtlichen Gewerkschaften gespannt sind, weil die Gewerkschaften sich der damals beabsichtigten Privatisierung der Anlage widersetzen.

Bleibt somit die Frage, wer mehr Vertrauen verdient, die von Robert Jungk Befragten oder die amtlichen Stellen.

4.5.8 Einige persönliche Anmerkungen zur »Entsorgung«

(1) In der Bundesrepublik Deutschland – und in dieser Pointierung nur in der Bundesrepublik – lassen sich die Auseinandersetzungen der letzten Jahre um die Kernenergie – jedenfalls bis Harrisburg – weitgehend reduzieren auf die Diskussion einer einzigen Forderung: Errichtungs- und Betriebsgenehmigungen für Kernkraftwerke sollen solange versagt werden, als die »Entsorgung«, d.h. die Wiederaufarbeitung der abgebrannten Brennelemente und die Endlagerung des radioaktiven Abfalls, nicht hinreichend sichergestellt ist[51]. Die Bundesregierung machte sich diese Forderung zu eigen. Entschiedenste Fürsprecherin dieser Forderung war die Landesregierung von Nordrhein-Westfalen[52].

[50] Der vieldiskutierte, am 6. Januar 1981 durch Selbstentzündung in einem Lagersilo der Anlage in La Hague ausgelöste Schwelbrand hatte eine leichte Kontaminierung einiger dort Beschäftigter zur Folge. Nach der amtlichen Feststellung wurden drei Personen im Strahlenschutzzentrum von Vésinet untersucht. Von diesen hatte nur eine Person, ein Anstreicher, eine Strahlenbelastung von einigen rem erhalten, eine Dosis, die unter dem für solche Fälle vorgesehenen zulässigen Höchstwert blieb.

[51] Als Indiz für die deutsche Pionierrolle bei der Kopplung zwischen der Genehmigung des Baues von Kernkraftwerken und der Sicherstellung der Entsorgung mag auch angesehen werden, daß das Wort »Entsorgung« unverändert in den englischen und den französischen Sprachschatz übergegangen ist.

[52] Vgl. die in der Besprechung des Bundeskanzlers mit den Regierungschefs der Länder am 6. Mai 1977 angenommenen »Grundsätze zur Entsorgungsvorsorge für Kernkraftwerke«.

Die Brisanz dieser Forderung lag (und liegt wohl auch noch) darin, daß die Worte »hinreichend sichergestellt« unterschiedlich interpretiert werden können. Bis zum Sommer 1979 lautete die entscheidende Frage: Bedeutet dies, daß für das ursprüngliche von der Bundesregierung geforderte und in der Verantwortung der Elektrizitätsversorgungsunternehmen zu verwirklichende Entsorgungszentrum in Gorleben, Niedersachsen, ein Gutachten der Reaktorsicherheits- und Strahlenschutzkommission vorliegen muß, das die unbedenkliche Realisierbarkeit attestiert? Die Bundesregierung hielt das noch im März 1977 für ausreichend[53]. Das geforderte Gutachten mit dem zusammenfassenden Votum »technisch sicher und technologisch realisierbar« wurde dann auch im Oktober 1977 vorgelegt[54]. Oder bedeutet dies, daß für dieses Zentrum auch eine erste Teilerrichtungsgenehmigung vorliegen muß? Auch in einer Zeit als zwischen Hannover und Bonn über die Errichtung einer Wiederaufarbeitungsanlage in Gorleben keinerlei Meinungsverschiedenheiten bestanden, war man davon überzeugt, daß darüber Jahre vergehen werden.

Schon das könnte den Verdacht nahelegen, die »Entsorgungsvorsorge« wurde nicht zuletzt eingeführt, um ein Instrument in der Hand zu haben, den Ausbau der Kernenergie zu zügeln, zumal es dabei auch möglich war, den berühmten schwarzen Peter zwischen Bonn und Hannover hin- und herzuschieben. Das, was in den letzten Jahren geschah, ist nicht geeignet, diesen Verdacht zu widerlegen. Im Ergebnis haben die gut und auch weniger gut gemeinten Eingriffe des Staates auf dem Felde der Entsorgung zu einer beinahe ausweglosen Lage geführt – mit überaus nachteiligen Folgen für die Wirtschaftlichkeit der Energieversorgung und für die Glaubwürdigkeit der Politik.

(2) Symptomatisch für diese Auseinandersetzung, so wie sie über Jahre hinweg bis zum Sommer 1979 geführt wurde, ist aber, daß kaum je die Frage gestellt wurde, ob und inwieweit der vorab zu erbringende Nachweis gesicherter, eine Wiederaufarbeitung einschließender Entsorgung auch *begründet* ist. Sicherlich ist nichts dagegen einzuwenden, wenn die Energieversorgungsunternehmen angehalten werden, sich nachhaltig

[53] Ziffer 23 der »Grundlinien und Eckwerte für die Fortschreibung des Energieprogramms« vom 23. März 1977 (Bulletin der Bundesregierung vom 25. März 1977).

[54] Beurteilung der Reaktorsicherheitskommission (RSK) und der Strahlenschutzkommission (SSK) vom 20. Oktober 1977.

um den Bau eines Entsorgungszentrums – ursprünglich in Gorleben – und eines Zwischenlagers für abgebrannte, aber noch nicht wiederaufgearbeitete Brennelemente – z. B. in Ahaus – zu bemühen, und zwar mit dem Ziel, die in den abgebrannten Elementen noch enthaltenen Kernbrennstoffe wiederzugewinnen.

Konnte und kann man aber so weit gehen, weitere Errichtungs- und Betriebsgenehmigungen für Kernkraftwerke von einer abschließenden und kaum widerrufbaren Entscheidung über ein Entsorgungsprojekt in der Kapazität und im Finanzierungsbedarf des ursprünglichen Gorlebenkonzepts (1400 jato Durchsatz) abhängig zu machen?

(3) Das führt zu der eben gestellten Frage, welchem Zweck oder welchen Zwecken die Entsorgung und damit der Entsorgungsnachweis dienen soll. Die Entsorgung, so wie sie im integrierten Konzept von der Bundesregierung vorgeschlagen wird, dient drei Zwecken:

- einem energiewirtschaftlichen: der Wiedergewinnung von Kernbrennstoffen;
- einem ökologischen: der Behandlung und Endlagerung des radioaktiven Abfalls in der denkbar besten Art, insbesondere auch dessen Reduktion auf das kleinste Volumen;
- einem Sicherheitszweck: die Verhinderung der Ausbreitung von Kernwaffen.

In dieser Auflistung findet sich nicht das gängigste, in der politischen Auseinandersetzung aber mehr und mehr in den Vordergrund geschobene Argument für eine Wiederaufarbeitung der abgebrannten Brennelemente und Endlagerung des dabei anfallenden hochradioaktiven Abfalls, das Argument nämlich, dies alles sei aus Gründen des Strahlenschutzes unverzichtbar, etwa nach dem Gleichnis, man könne kein Flugzeug starten lassen (Kernkraftwerk bauen oder in Betrieb nehmen), ehe die Landebahn gebaut (Wiederaufarbeitung und Endlagerung sichergestellt) sei. Präsident J. Carter war es, der schon recht früh dieses falsche Sicherheitsargument widerlegte. Er forderte, zur Verringerung der Gefahr einer Ausbreitung von Kernwaffen solle man bis auf weiteres auf eine Wiederaufarbeitung überhaupt verzichten[55] und sich auf den Bau und Betrieb von

[55] Erstmalig mit dieser Deutlichkeit in der Pressekonferenz des amerikanischen Präsidenten am 7. April 1977 – in nicht nur zufälliger zeitlicher Übereinstimmung mit der Bekanntgabe der Studie der Ford-Foundation: S. M. Keeny, Ford Foundation/MITRE Report, »Nuklear Power Issues and Choices. Report

Leichtwasser-Reaktoren beschränken: die amerikanische Wegwerfstrategie. Die abgebrannten Brennelemente könnten in Wasserbecken auch langfristig – nach seiner Ansicht gefahrlos – gelagert werden.

Wie man auch immer zu dieser Forderung stehen mag (diese Frage wird an einer anderen Stelle des Buches behandelt), eines ist unstreitig und wird in Deutschland heute offiziell auch nicht mehr in Frage gestellt: Es ist durchaus möglich, abgebrannte Brennelemente längerfristig naß oder trocken zu lagern. Jedenfalls kann unter Hinweis auf die Strahlengefahr, die mit der Lagerung abgebrannter Brennelemente verbunden ist, nicht gefordert werden, das aufwendige Vorhaben einer mehr oder auch minder großen Wiederaufarbeitungsanlage in Angriff zu nehmen – widrigenfalls werde es für den Bau und Betrieb von Kernkraftwerken keine Genehmigungen mehr geben. Dies ist nur eines der zahlreichen Beispiele dafür, wie falsche Argumente die Auseinandersetzungen um die Kernenergie bestimmen.

(4) Damit bleibt es bei den obengenannten drei Argumenten, die – nach der Meinung des Verfassers – zusammengenommen, aber keineswegs jedes für sich allein, eine integrierte, die Wiederaufarbeitung einschließende Entsorgung rechtfertigen.

Dieses allen Beteiligten langsam bewußt gewordene Ungleichgewicht zwischen Zweck und Mitteln hat zu einer energiepolitisch zu begrüßenden Änderung geführt: nunmehr ist vorgesehen, die Entsorgung schrittweise und ggf. dezentral auf- und auszubauen mit zunächst einer 350 jato-Wiederaufarbeitungsanlage als Mittelpunkt. Es bleibt nur zu hoffen, daß die Parteien, vor allem ihre Basen, wie auch die Verwaltungsgerichte dieser Auffassung folgen werden.

4.6 Plutonium

Mit dem Zyklotron in Berkeley/Kalifornien gelang es G. T. Seaborg, E. M. McMillan, J. W. Kennedy und A. G. Wahl im Winter 1940/41 erstmalig, ein Transuran, das in der Natur nicht vorkommende Element Plutonium, zu erzeugen. Plutonium hat

to the Nuclear Energy Policy Study Group«, Cambridge/Mass. (March) 1977. Der Bericht der Ford Foundation empfiehlt, die Entwicklung kommerzieller Schneller Brüter zu verlangsamen und auf zivile Wiederaufarbeitungsanlagen zu verzichten. Entgegen weitverbreiteter Meinung spricht der Bericht sich aber nicht aus gegen den Bau und Betrieb von Leichtwasser-Reaktoren und implicit damit auch nicht gegen die Urananreicherung.

die Ordnungszahl 94. Insgesamt vierzehn allesamt radioaktive Isotope sind bekannt. Plutonium ist wegen seiner Alphastrahlen-Aktivität gefährlich, wenn es in den Körper gerät[56]. Im menschlichen Körper können schon wenige Mikrogramm (10^{-6} g) Lungenkrebs auslösen. Daher wurde 0,6 Mikrogramm als Obergrenze der Belastung des menschlichen Organismus mit Plutonium bestimmt. Schon aus diesem Grunde kann Plutonium nur in hermetisch abgeschlossenen »heißen Zellen« oder in »Handschuhkästen« behandelt werden.

Da andererseits die Halbwertzeit des hauptsächlichen Plutonium-Isotops – Pu_{239} – 24400 Jahre beträgt, würde die unkontrollierte Freisetzung größerer Mengen von Plutonium katastrophale Folgen haben. Praktisch wäre das verseuchte Gebiet auf Dauer vergiftet, sofern es nicht ausnahmsweise gelingt, das Plutonium wieder zu entfernen, wie dies bereits einmal – nach dem Unfall eines Flugzeugs der amerikanischen Luftwaffe in Spanien – geschehen ist. Plutonium ist vor allem aber hochgradig gefährlich, weil es ein Kernbrennstoff ist, dessen kritische Masse unter besonderen Bedingungen – reines Pu 239, umgeben von einem Beryllium-Reflektor – nur etwa 4 kg beträgt. Dieses Gefährdungspotential erfordert besondere Vorsichtsmaßnahmen[57,58].

[56] Plutonium 239 ist ein α-Strahler mit sehr kleiner Reichweite im Gewebe (> 0,1 mm), so daß bei äußerer Einwirkung nur die oberste verhornte, d.h. abgestorbene Schicht der Haut betroffen wird. Lebende Zellen können daher nur durch Plutonium geschädigt werden, das in den Körper gelangt ist, wobei die Inhalation ungleich gefährlicher ist als die Ingestion.

[57] Hier sei verwiesen auf den im September 1976 bekanntgegebenen Bericht der Britischen Kommission über Umweltverschmutzung unter Vorsitz von Sir Brian Flowers, der empfiehlt, Plutonium nur dann zu produzieren, wenn es keine vernünftige Alternative gibt.

[58] Der Niedersächsische Minister für Wissenschaft und Kunst E. Pestel stellte in seinem 1974 erschienenen Buch »Menschheit am Wendepunkt« fest, »Plutonium 239 hat eine extrem lange Halbwertzeit von mehr als 24000 Jahren und ist, ganz abgesehen von seiner Radioaktivität, die wohl giftigste Substanz, die existiert.« Diese Aussage nahm Pestel im Juli 1980 öffentlich zurück: Heute wissen wir, daß dies nicht stimmt. Chemisch ist Plutonium kaum giftiger als Blei oder Quecksilber. Als »Strahlengift« mit Langzeitwirkung für die Auslösung von Krebs wird Plutonium überschätzt. So sei unter 25 Arbeitern, die gegen Kriegsende mehr als das Zwanzigfache der zulässigen Dosis inhalierten, kein einziger Fall von Lungenkrebs aufgetreten, obwohl seitdem über 30 Jahre vergangen sind.

Pestels Richtigstellung wird hier als eines der seltenen, Anerkennung verdienenden Beispiele dafür zitiert, daß bessere Einsicht nicht nur gewonnen, sondern auch kundgetan wird.

Durch Neutronenanlagerung an Uran 238 entstehen im Reaktor nacheinander die Isotope 239, 240, 241 und 242, von welchen die ungeraden, ähnlich dem Uran 235, Spaltstoffe und die geraden, wie das Uran 238, neutronenabsorbierende Brutstoffe sind. Je länger ein Element im Reaktor verbleibt, also bestrahlt wird, um so mehr bauen sich Isotope mit höherer Massenzahl auf, was zugleich bedeutet, daß der Anteil der spaltbaren Atome zurückgeht. Bei Leichtwasser-Reaktoren mit zur Zeit erreichtem Abbrand hat das durch Wiederaufbereitung gewonnene Plutonium folgende Isotopenzusammensetzung:

	Pu_{239}	Pu_{240}	Pu_{241}	Pu_{242}
SWR mit 27,5 MWd/kg	54%	29%	12%	5%
DWR mit 33,0 MWd/kg	57%	26%	13%	4%

Die pro Jahr gewinnbare Menge an spaltbarem Plutonium Pu_f (Pu fissil) ist für die Reaktortypen unterschiedlich hoch. Es fallen an[59]

beim LWR (U-Zyklus)	220 g Pu_f/MWe·a
beim Magnox-Reaktor	600 g Pu_f/MWe·a
beim AGR	220 g Pu_f/MWe·a
beim HTR (U-Pu-Zyklus)	500 g Pu_f/MWe·a
beim HWR (Natururan)	500 g Pu_f/MWe·a

Die Unterschiede verringern sich, wenn man die Erzeugung von Plutonium zum Verbrauch von Natururan in Beziehung bringt, denn die stark plutonogenen Magnox-Reaktoren sind zugleich starke Uranverbraucher (vgl. Übersicht 119). Die am 1. Januar 1981 weltweit betriebenen Kernkraftwerke mit 136 GWe Leistung erzeugen, auf das Jahr gerechnet, etwa 25 t spaltbares Plutonium (fast 3 kg/h).

In Leistungsreaktoren der Länder der westlichen Welt sind bis 1970 insgesamt etwa 8,7 t spaltbares Plutonium erzeugt worden. In dieser Menge ist das Plutonium nicht berücksichtigt, das in den eigens zur Plutoniumerzeugung konzipierten Reaktoren in Hanford/Washington und Savanna River/South Carolina, in Calder Hall und Chapel Cross/Großbritannien und in Marcoule/Frankreich erzeugt wurde. Es handelt sich

[59] Nach NEA-IAEA, Uranium ..., Dez. 1977: beim LWR wurde ein Gleichgewichtscore zugrundegelegt; aus dem Erstcore lassen sich größere Mengen – 296 bis 300 g Puf (fissil)/MWe·a – gewinnen.

wahrscheinlich um über 25 t, die zum Teil auch für zivile Zwekke bereitgestellt und verwendet wurden. So lieferte Hanford das Plutonium für die 1966 kritisch gewordenen Versuchsanlagen SNEAK in Karlsruhe und MASURCA in Cadarache.

Über die zukünftige Entwicklung unterrichtet Übersicht 134.

Übersicht 134: In Leistungsreaktoren erzeugte und damit rückgewinnbare Mengen an Plutonium (spaltbares Material in t)

	westliche Welt		USA	übrige westliche Welt	Deutschland (BR)
	a	b	a	a	c
1971 bis 1975	29,2	–	7,9	21,3	0,4
1975 bis 1980	108,9	69[a]	54,1	54,8	3,8
1981 bis 1985	279,4	169	138,6	140,8	10,4
1971 bis 1985	417,5	–	200,6	216,9	14,8
1986 bis 1990	–	419[b]	–	–	20,7
1991 bis 2000	–	2069	–	–	81,2

a Man schätzt, daß in den bis Anfang 1980 in der »westlichen Welt« abgebrannten Brennelementen ursprünglich etwa 100 t spaltbares und nicht spaltbares Plutonium enthalten waren, von denen rund 35 t aus GGR-(Magnox-)-Elementen und rund 4 t aus LWR-Elementen durch Wiederaufarbeitung abgetrennt worden sind.

b Nach neueren Schätzungen werden weltweit, also unter Einschluß der kommunistischen Länder, im Jahr 1990 insgesamt 130 t spaltbares Plutonium erzeugt werden.

Anmerkung: Mit Rücksicht auf die weltweiten Unsicherheiten, was die Wiederaufarbeitung angeht, fehlen jüngere Daten über die Plutonium-Erzeugung. Der NEA Report on Nuclear Fuel Cycle Requirements vom März 1978 gibt lediglich an, welche Mengen an Kernbrennstoffen durch alternative Reaktorstrategien eingespart werden können. Er enthält keinerlei Information über Anfall und Verwendung von Plutonium.

Quellen: Zweites hinweisendes Programm von EURATOM (a) und NEA-IAEA, Uranium ..., Dez. 1975 (b); Kernforschungszentrum Karlsruhe »Konsequenzen des großtechnischen Einsatzes der Kernenergie in der Bundesrepublik Deutschland« (KfK 2707 ASA/ZE-16/78) v. Juni 1979 – mittleres Szenario (c).

Das verfügbare Plutonium hat *drei zivile Verwendungsmöglichkeiten:*

- Ein Teil des Plutoniums kann in thermischen Kernkraftwerken, insbesondere also in Leichtwasser-Kraftwerken, wiedereingesetzt – rezykliert – werden. Bisher sind in Demonstrationsanlagen hierfür weltweit etwa 2 t verwendet worden.
- Ein anderer Teil des Plutoniums wird für die Versorgung der geplanten Schnellbrüter-Versuchs- und Demonstrations-Kraftwerke verwendet werden. Unter Einschluß kritischer Anordnungen und von Testbestrahlungen sind hierfür bisher 28 t Pu eingesetzt worden.
- Das restliche Plutonium kann schließlich für späteren Einsatz in Schnellbrüter-Kraftwerken gelagert werden. Auch Plutonium, das nach mehrfacher Rezyklierung in thermischen Reaktoren einen großen Anteil höherer Isotope aufweist, ist für diesen Zweck noch verwendbar.

Würde das gesamte nicht prioritär verwendete Plutonium gelagert werden, so stünden 1985, dem voraussichtlich frühesten Zeitpunkt der Inbetriebnahme von Schnellen Brütern, etwa 300 t spaltbares Plutonium in der Welt zur Verfügung. Bei einem Bedarf von 3 kg Pu/MWe reicht diese Menge als Inventar für eine Brüterleistung von 100000 MWe. Ein solches Brüterstartprogramm ist nicht zu verwirklichen. Sowohl energiewirtschaftlich und energiepolitisch als auch zur Verminderung der Gefahr einer Abzweigung von waffengeeignetem Material ist es daher wünschenswert, wenn nicht gar erforderlich, einen möglichst großen Teil des anfallenden Plutoniums in Leichtwasserreaktoren zu rezyklieren.

In der Startphase des industriellen Einsatzes von Schnellbrüter-Kraftwerken, d.h. irgendwann in den 90er Jahren, wird, damit die Brüter anfahren können, zunächst ausreichend Plutonium aus aufbereiteten oder aufbereitbaren LWR-Elementen zur Verfügung stehen. Die Brüter-»Verdoppelungszeit«, d.h. die Zeit, in der ein Brüter soviel Plutonium erzeugt wie zu Beginn als Inventar eingesetzt wurde, wird vorerst aber recht lang sein: unter Berücksichtigung der Zeiten außerhalb des Reaktors (Abklingen, Wiederaufarbeitung, Brennelementefertigung und Transporte) bis zu 30 Jahre. Werden Brüter-Kraftwerke, sobald sie industriell reif sind, schnell eingeführt, so steht erst nach Ablauf einer langen Vorlaufzeit genügend Plutonium für eine sich selbst erhaltende Brüterwirtschaft zur Verfügung. Die bis zur Startphase des industriellen Einsatzes von

Brütern angesammelten Vorräte an bereits gewonnenem oder gewinnbarem Plutonium werden kaum ausreichen, um diese lange Vorlaufzeit zu überbrücken. Auf zunächst nicht absehbare Zeit wird es daher notwendig sein, Konverter-Kraftwerke – vor allem LWR-Kraftwerke – weiter zu betreiben, um das zum Anfahren der Brüter benötigte Plutonium durch Wiederaufarbeitung abgebrannter LWR-Elemente zur Verfügung zu haben. Sollte sich der Brüter einmal weltweit durchsetzen und einen wesentlichen Teil der Energieversorgung übernehmen, so kann für diesen Fall doch nur ausgesagt werden, daß für die »Breeder« ausreichend »Feeder« vorhanden sein müssen. Angesichts aller Ungewißheiten, mit denen wir in den 70er Jahren vertraut wurden, ist es nicht möglich, den Zeitablauf zu datieren. Der Energiewirtschaftler steht mit dem Blick in die Zukunft vor ähnlichen Schwierigkeiten wie der Archäologe oder Geologe mit dem Blick in die Vergangenheit, solange es diesen noch an exakten – übrigens nuklearen – Methoden der Altersbestimmung und damit am Zeitmaßstab fehlte.

Bis Ende 1970 verkaufte die USAEC Plutonium zum Preis von 43 US-$/g spaltbares Material. In der gleichen Zeit garantierte sie den Reaktorbetreibern einen Ankaufspreis von 9,28 US-$ für das zurückzugebende Plutonium. Kurzfristige Geschäfte wurden bis zu diesem Zeitpunkt zu Preisen getätigt, die absinkend zwischen diesen beiden Grenzen lagen. Nach Aufhebung der garantierten Rückkaufpreise fiel der Plutoniumpreis schnell auf etwa 5 US-$/g. Dazu trugen auch die Verzögerungen in den Brutreaktor-Programmen bei. Eine Prognose der Preisentwicklung für Plutonium ist angesichts der zahlreichen Unsicherheiten der Bestimmungselemente – Ausbaurhythmus der Kernenergieerzeugung, Entwicklung der Wiederaufarbeitungskapazitäten, Uranpreise, Brüter-Timing, Kosten der Wiederaufarbeitung usw. – z.Zt. unmöglich. Einem reizvollen Rechenprogramm fehlen damit die Grundlagen.

5.0 Allgemeine Betrachtungen

Die Gesellschaft war früher bereit, neue Technologien unbekümmert, oft sogar freudig zu akzeptieren. In den letzten Jahren wird sie sich aber mehr und mehr des Einflusses der Technik auf die Bedingungen, unter welchen wir leben, d.h. auf die »Umwelt«, bewußt. A. M. Weinberg und R. P. Hammond stellen in ihrem viel beachteten Beitrag zur Vierten Genfer Atomkonferenz fest, die neuen Dimensionen, in welchen sich der Brennstoffverbrauch, die Standort- und Kühlwasserprobleme, die Wiederaufarbeitung und die Beseitigung des radioaktiven Abfalls präsentieren, hätten eine auch qualitativ veränderte Lage geschaffen. Dadurch seien die Auswirkungen der Kernenergie auf die Umwelt und ihre Wechselwirkungen mit anderen Disziplinen in den Vordergrund getreten[1]. Der Präsident des italienischen Senats, A. Fanfani, hat bei der Verleihung der Goldmedaille der Stresemann-Gesellschaft am 24. Juni 1971 in Mainz die nach Meinung vieler gebotenen Folgerungen aus diesem Unbehagen in die Worte gefaßt: »Die Umweltprobleme[2] haben absolute Priorität vor dem Kampf für eine höhere Produktivität, vor der Ideologie des Konsums und vor dem Mythos der Technologie.« Daher sei eine »Strategie des Überlebens« vonnöten. Es ist nur allzu verständlich, daß diese Bedenken sich besonders gegen die Kernenergie richten, eine so neue und vielen unheimliche Technik, zumal die – physikalisch nicht gerechtfertigte – Assoziation mit der Atombombe naheliegt.

In diesem Buch kann nicht auf alle Aspekte der so vielschichtigen Auseinandersetzungen über die Auswirkungen der Kernenergieerzeugung auf unsere Umwelt eingegangen werden. Die Darstellung muß sich vielmehr auf einige wesentliche Gesichtspunkte beschränken, die vornehmlich auch unter dem Zielkonflikt Erhaltung unserer Umwelt[2] versus ausreichende, sichere und preiswerte Versorgung mit Energie von Bedeutung sind. Für die Beschränkung spricht auch, daß nach allen Erfahrungen

[1] A. M. Weinberg und R. P. Hammond, Global Effects of increased Use of Energy. P/033/USA.

[2] Nach einer im Auftrage des Umweltbundesamtes vom Frankfurter Battelle-Institut durchgeführten Untersuchung erreichen die Umweltschutzausgaben in Deutschland im Jahrfünft 1977 bis 1981 etwa 1,4% des Bruttosozialprodukts.

die derzeit emotional aufgeheizte Kontroverse über das Für und Wider der Kernenergie in dem Maße auf eine sachliche Ebene zurückfallen wird, in welchem sich die Überzeugung durchsetzt, daß die Kernenergie für unsere Energieversorgung unentbehrlich ist und zugleich die von den Kernenergiegegnern häufig vorgebrachten pessimistischen Voraussagen sich – wie der Verfasser zuversichtlich hofft – als falsch erweisen.

5.1 Die Strahlenbelastung

Die Radioaktivität, die in einem Reaktor erzeugt wird, ist erheblich größer als die einer Kernspaltungsbombe. Eine Katastrophe kaum vorstellbaren Ausmaßes würde eintreten, wenn diese Radioaktivität freigesetzt und ungeschützt die Umwelt treffen würde. Diese unter 5.2 behandelte potentielle Gefahr gibt Veranlassung, die Wirkung ionisierender Strahlen auf den Menschen und die Umwelt zu untersuchen.

5.1.1 Grundbegriffe

Zunächst einige Definitionen und Gesetzmäßigkeiten:

Die Einheit der *Radioaktivität* ist das *Curie (Ci)*. Diese Radioaktivität entsteht durch den Zerfall von 37 Mrd. Atomkernen in der Sekunde ($1\ \text{Ci} = 3{,}7 \cdot 10^{10} \text{sec}^{-1}$) und entspricht etwa der Zerfallsrate von einem Gramm Radium 226 ohne Tochterprodukte[3]. Häufig werden kleinere Einheiten verwendet:

1 Millicurie (mCi) entsprechend 37 Mio Zerfällen/sec
1 Mikrocurie (µCi) entsprechend 37 000 Zerfällen/sec
1 Nanocurie (nCi) entsprechend 37 Zerfällen/sec
1 Picocurie (pCi) entsprechend 2,22 Zerfällen/min

Ein Gramm Uran enthält $2{,}5 \cdot 10^{21}$ Atome. Bei einer Halbwertzeit des Uran 238 von 4,51 Mrd Jahren (d.i. die Zeit, in welcher die Radioaktivität des Uran 238 auf die Hälfte abklingt) ergibt sich für ein Gramm Uran 238 eine Radioaktivität von 0,33 Mikrocurie.

[3] Die General Conference of Weights and Measures (GCWM) entschied im Herbst 1975, daß die Einheit Curie (Ci) durch die dem International System of Units (SI) zugehörige Einheit *Becquerel* ($1\ Bq = s^{-1}$) zu ersetzen ist, demgemäß
$1\ \text{Ci} = 3{,}7\ 10^{10}\ \text{Bq}$.
Bis Ende 1985 können die in diesem Buch verwendeten alten Einheiten noch vollgültig angewandt werden.

Ein Maß für die *Strahlenbelastung* oder *»Energiedosis« (D)*, d.h. für Menge und Wirkung der auf lebende und tote Materie einwirkenden Strahlung, ist die »radiation absorbed dose«, in Kurzbezeichnung *rd* (auch *Rad* und *rad;* 1 rd = 10^{-2} Jkg^{-1}). Sie liegt vor, wenn durch ionisierende Strahlen von einem Gramm lebender Materie 100 erg absorbiert werden[4]. Die in rd gemessene absorbierte Dosis ist nicht zu verwechseln mit der auf Röntgen- und Gammastrahlung angewandten, in Röntgen-Einheiten (R) gemessenen ausgehenden Strahlendosis *(Ionendosis)*. Ein *R* wird definiert als die Menge an Strahlung, welche in 1 Liter oder 1,293 Milligramm Luft Ionen erzeugt, die eine Ladung von einer elektrostatischen Einheit (3,3356 · 10^{-10} Coulomb) tragen[5].

Die *biologische Wirkung* einer Strahlung hängt nicht nur von der durch eine Zelle absorbierten Energie ab, sondern auch von der Verteilung dieser Energie innerhalb der Zelle. Gammastrahlen verteilen die Ionisation über die ganze Zelle gleichmäßig. Dagegen beschränken sich die von Alphastrahlen ausgehenden Ionisationen auf den Weg des Alphateilchens; die Ionisationen treten auf diesem Weg in direkter Folge auf. Der im Strahlenschutz als Erfahrungswert verwendete Begriff des *Qualitätsfaktors* (Q), auch *Bewertungsfaktor* (q) bezeichnet[6] – in der Radiobiologie entspricht dem der Begriff der *Relativen Biologischen Wirksamkeit* (RBW) – gibt an, wieviel mal so wirksam eine Strahlung im Vergleich zur (elektromagnetischen) Gammastrahlung und der ihr in der Ionisierungsdichte etwa entsprechenden Betastrahlung ist. Für reine Alphastrahlung (Heliumatome) ist der Qualitätsfaktor gleich 10, d.h. eine Energiedosis in Form von Alphastrahlung kommt an Wirkung dem Zehnfa-

[4] Die GCWM ersetzte im Herbst 1975 die Einheit für die absolute Dosis, das rd, durch die SI-Einheit *Gray (Gy):*
1 Gy = 1 J kg^{-1} = 100 rd.
1 rd = 10 mGy.

[5] Auch die Ionendosis soll zukünftig in SI-Einheiten ausgedrückt werden, und zwar in Coulomb (Einheit der elektrischen Ladung) je Kilogramm (C/kg) · 1 C/kg heißt: durch ionisierende Strahlung räumlich konstanter Energieflußdichte entstehen in Luft der Masse von einem Kilogramm Ionen eines Vorzeichens mit einer elektrischen Ladung von einem Coulomb.
1 R = 258 10^{-6} C/kg; 1 C/kg = 3876 R

[6] Anlage IV der Strahlenschutzverordnung vom 13. Oktober 1976 schränkt diese Übereinstimmung allerdings ein. Danach ist der Bewertungsfaktor q gleich dem Produkt aus dem Qualitätsfaktor Q und dem modifizierenden Faktor N. Bei äußerer Exposition ist N definitionsgemäß gleich 1; bei innerer Exposition wird N von der zuständigen Behörde festgesetzt – im allgemeinen auch auf 1.

chen[7] einer gleich großen Energiedosis in Form von Beta- oder Gammastrahlung gleich. Der Qualitätsfaktor beträgt im übrigen:

für Röntgenstrahlung	1
für thermische Neutronen	2 bis 5
für schnelle Neutronen	5 bis 10
für Protonen	10 bis 20

Die in der Einheit *rem* (rd equivalent man; auch *Rem*) gemessene *Äquivalentdosis* (H)[7a] ist die Energiedosis (D) unter Berücksichtigung des Bewertungsfaktors (q), also

1 rem = 1 rd · q

Für Beta- und Gammastrahlung gilt angenähert und in der Praxis weitgehend gebräuchlich:

1 R ~ 1 rad ≈ 1 rem

Dosisrate oder *Dosisleistung* ist die in einer Zeiteinheit aufgenommene Dosis. Die Äquivalentdosisrate wird in der Regel in rem/a, mrem/a oder mrem/h gemessen (mrem = Millirem).

5.1.2 Biologische Wirkungen

Radioaktive Strahlung kann in Körperzellen direkt oder indirekt Atome und Moleküle ionisieren, d.h. Elektronen aus dem Atomverband abtrennen. Die dabei entstehenden Stoffe blokkieren in weiterfolgenden chemischen Reaktionen die Bildung der für die Zellen lebenswichtigen Desoxyribonukleinsäure, die DNS-Synthese, und führen damit den Strahlentod der Zelle herbei. Die Schäden gehen bei Zellteilung auf die Tochterzellen über, sie können Genmutationen hervorrufen, d.h. die Erbsubstanz schädigen (somatische Mutationen) und damit bei den Nachkommen zu Mißbildungen führen.

Man unterscheidet somit drei Arten von Strahlenschäden:

- akute Schäden mit Übelkeit, Entzündungen, Fieber, Durchfall, die zum Tode führen können (somatische Frühschäden)
- späte Schäden in Form von Krebserkrankungen beim Betroffenen (somatische Spätschäden)
- die Auslösung von biologisch schädlichen Erbänderungen bei späteren Generationen (genetische Strahlenwirkung, Erbschäden).

[7] Die ICRP empfiehlt neuerdings für α-Teilchen den Qualitätsfaktor 20.

[7a] Neue, ab Anfang 1986 obligatorische Einheit für die Äquivalentdosis ist das Sievert (Sy)

1 Sy = 1 Gy · q

Stärkere radioaktive Strahlung führt in kurzer Zeit zu Krankheitssymptomen, die unter der Bezeichnung »akutes Strahlensyndrom«, insbesondere aus den Wirkungen der Bombenabwürfe von Hiroshima[8] und Nagasaki, bekannt geworden sind. Bei einer kurzfristigen Ganzkörperbestrahlung sind folgende Wirkungen zu erwarten (nach O. Hug und K. R. Trott, vor allem aufgrund von Untersuchungen von Moritz, Henriques und Rajewsky):

0– 50 rem keine nachweisbare Wirkung außer geringfügigen Blutbildveränderungen;

80–120 rem bei 5 bis 10% der Exponierten etwa 1 Tag lang Erbrechen, Übelkeit und Müdigkeit, aber keine ernstliche Arbeitsunfähigkeit;

130–170 rem bei etwa 25% der Exponierten etwa 1 Tag lang Erbrechen und Übelkeit, gefolgt von anderen Symptomen der Strahlenkrankheit; keine Todesfälle zu erwarten;

180–260 rem bei etwa 25% der Exponierten etwa 1 Tag lang Erbrechen und Nausea, gefolgt von anderen Symptomen der Strahlenkrankheit; einzelne Todesfälle möglich;

270–330 rem bei fast allen Exponierten Erbrechen und Nausea am ersten Tag, gefolgt von anderen Symptomen der Strahlenkrankheit; etwa 20% Todesfälle innerhalb von 2 bis 6 Wochen nach Exposition; etwa 3 Monate lange Rekonvaleszenz der Überlebenden;

400–500 rem bei allen Exponierten Erbrechen und Nausea am ersten Tag, gefolgt von anderen Symptomen der Strahlenkrankheit; etwa 50% Todesfälle innerhalb eines Monats; etwa 6 Monate lange Rekonvaleszenz der Überlebenden[9];

550–750 rem bei allen Exponierten Erbrechen und Nausea innerhalb 4 Stunden nach Exposition, gefolgt von anderen Symptomen der Strahlenkrankheit; bis zu 100% Todesfälle; wenige Überlebende mit Rekonvaleszenzzeiten von etwa 6 Monaten;

1000 rem bei allen Exponierten Erbrechen und Nausea innerhalb 1 bis 2 Stunden; wahrscheinlich keine Überlebenden;

5000 rem fast augenblicklich einsetzende schwerste Krankheit; Tod aller Exponierten innerhalb einer Woche.

[8] Im Juni 1980 wurde mitgeteilt, daß in Hiroshima keinerlei Radioaktivität in der Folge der Bombe vom 6. August 1945 mehr festzustellen sei. Die Leukämiefälle wiesen jetzt ein normales Krankheitsbild auf.

[9] Dies ist die »mittlere Letaldosis« LD^{50}.

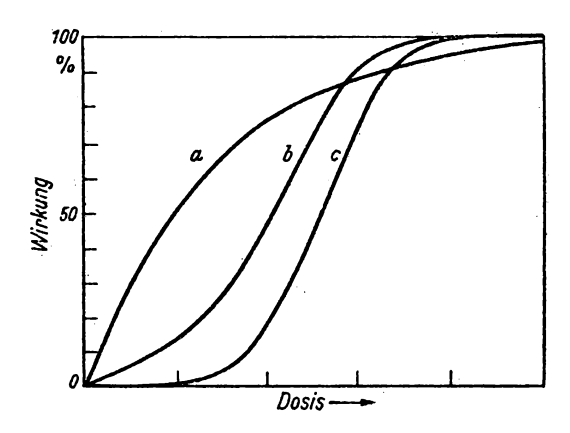


Abb. 80: Schematische Darstellung der wichtigsten Wechselbeziehungen zwischen Dosis und Wirkung. (Nach: O. Hug, München.)
a exponentielle Kurve (linearer Verlauf im Bereich niedriger Dosen)
b sigmoide Kurve
c sigmoide Kurve mit Schwellenwert

Bei der Beurteilung der Wirkung von Strahlenschäden ist zu beachten, daß grundsätzlich kein linearer Zusammenhang zwischen der unter Berücksichtigung des Qualitätsfaktors bestimmten Strahlendosis und der biologischen Wirkung besteht. Zunächst gilt, daß eine über lange Zeit einwirkende Strahlung im allgemeinen weniger wirksam ist als eine Strahlung der gleichen Dosis innerhalb einer kurzen Zeitspanne. Die Wechselwirkung zwischen Dosis und Wirkung ist aber auch in anderen Hinsichten komplex. Schematisch dargestellt gibt es die in Abb. 80 wiedergegebenen Arten von Wirkungsbeziehungen.

Bei exponentieller Beziehung (a) wirken schon kleinste Dosen, die Wirksamkeit pro rd bleibt für den ganzen Dosisbereich konstant[10] und ist auch unabhängig von der zeitlichen Verteilung. Nach dieser Beziehung verlaufen einfache chemische Strahlenreaktionen, insbesondere die Abtötung von Molekülen und Viren.

Die meisten Wirkungen von Strahlen auf höhere Organismen folgen aber den Beziehungen (b) oder (c). Dabei erhöht sich mit

[10] Diese Beziehung wird gleichviel im Diagramm nicht durch eine Gerade dargestellt, da mit steigender Wirkung die Zahl der Objekte, auf die zusätzliche Dosen noch wirken können, sich verringert.

steigender Dosis die Wirkung zunächst langsam, dann aber schneller; in vielen Fällen muß dabei zunächst ein bestimmter Schwellenwert (c) überschritten werden. Diese vielfach beobachtete geringere spezifische Wirkung kleiner Dosen – ein Effekt, der sich bei längerfristig verteilter Strahlung wesentlich verstärkt – beruht auf den zahlreichen Restitutions-, Reparations- und Erholungsvorgängen, die auf den verschiedensten Wirkungsstufen der Strahlung eingreifen. Akute Strahlenschäden, etwa Strahlenverbrennungen der Haut oder eine lebensgefährdende Strahlenkrankheit, treten im allgemeinen nur dann auf, wenn eine bestimmte Dosis innerhalb einer bestimmten Zeit überschritten wird.

Nach einer Mitteilung des Leiters des Service Central de la Protection contre Rayonnements Ionisants im französischen Gesundheitsministerium, P. Pellerin[11], gilt diese beruhigende Feststellung auch für zwei besondere Strahlenspätschäden: für die Auslösung von Krebs, insbesondere von Leukämie, bösartigen Knochengeschwülsten, Lungen- und Schilddrüsenkrebs, und für Mutationen, die zu Erbänderungen führen. Hier war bis dahin umstritten, ob es Schwellenwerte gibt. Es hat sich nun aber gezeigt, daß Schäden an DNS-Molekülen durch einen in die lebende Materie intergierten Mechanismus in einer Zeitspanne repariert werden, die in einer Größenordnung von 10^{-6} Sekunden liegt. Dies ist deshalb von Bedeutung, weil die DNS-Moleküle den Code darstellen, nach welchem sich die Zellen reproduzieren. Der Reparaturmechanismus bewirkt somit eine ständige Korrektur der an den DNS-Molekülen entstehenden Fehler. Das gilt selbstverständlich auch für die durch nicht zu starke Strahlung hervorgerufenen Schädigungen. Dieser Mechanismus wird auch als Grund dafür angesehen, daß es bisher nicht gelungen ist, Schäden durch Strahlen unter 25 rd medizinisch nachzuweisen. Wenn somit alle Beobachtungen dafür sprechen, daß kleine und zeitlich verteilte Dosen spezifisch weniger wirksam sind (das entspricht den Kurven b oder c), so wird nach dem Grundsatz der Vorsicht bei Risikobetrachtungen generell die Annahme zugrundegelegt, daß die spezifische Wirkung gleichbleibt und unabhängig von der Zeit ist (das entspricht Kurve a). Diese Schwellenwerterkenntnis wird durch die folgenden Feststellungen bestätigt:

[11] Vgl. P. Pellerin, Reparaturmechanismen von Strahlenschäden, atomwirtschaft, Dez. 1975, S. 617.

In der letzten Zeit in den USA wie in der Bundesrepublik durchgeführte Untersuchungen, über die der damalige Leiter des Instituts für Strahlenschutz in Neuherberg, W. Jacobi, berichtete[12], gelangen zu dem Ergebnis, daß, wenigstens für locker ionisierende Strahlen (Röntgen-, γ-,β- und Elektronenstrahlen), auf die der Hauptanteil der Strahlenexposition entfällt, im Dosisbereich unter 50 rd, das heißt im Bereich niedriger Strahlendosen, das zu erwartende mittlere Strahlenkrebsrisiko kaum größer sein kann als 10 Krebsfälle auf 1 Mio Personen je rem Dosis. Das sind wesentlich weniger, als bis dahin angenommen wurde. Zudem müsse das Risiko einer Leukämie niedriger als vordem veranschlagt werden. Es mache 1/3 bis 1/10 des Strahlenkrebsrisikos aus. Auch diese neuen Befunde legen somit die Annahme nahe, daß die Beziehung zwischen der Strahlendosis und dem Erkrankungsrisiko auch für Krebs und Leukämie nicht linear, sondern »sigmoid« ist, anders ausgedrückt, daß der Organismus einen Teil der primären Strahlendefekte, die zur Krebsbildung führen, zu reparieren vermag.

Vor einigen Jahren haben Veröffentlichungen von E. J. Sternglass sowie von J. W. Gofman und A. R. Tamplin[13] Unruhe ausgelöst. Sternglass glaubte in der Umgebung des Kernkraftwerkes DRESDEN 1 in Morris/Illinois eine starke Erhöhung der Kindersterblichkeit festgestellt zu haben, die er auf die von diesem Kernkraftwerk ausgehende Strahlung zurückführt[14], Gofman und Tamplin gelangten durch Hochrechnung zu extremen Werten für das Strahlungsrisiko[15]. Diese Hypothesen sind weltweit geprüft worden. Im Ergebnis wurde dabei festgestellt, daß sowohl die Methodik dieser Untersuchungen als insbesondere auch die Auswertung der vorliegenden statistischen Daten vom Standpunkt kritischer Wissenschaft als irreführend angesehen werden müssen. Die Schlußfolgerungen, zu denen diese Autoren gelangen, seien deshalb nicht annehmbar. Insbesondere sei durch Beobachtungen und Tierexperimente widerlegt,

[12] atomwirtschaft, Juni 1974, S. 278.

[13] Das 1970 in den Vereinigten Staaten erschienene Buch von A. R. Tamplin und J. W. Gofman ›Population Control through Nuclear Pollution‹ liegt in deutscher Sprache vor unter dem Titel ›Kernspaltung – Ende der Zukunft‹. Hameln 1974.

[14] E. J. Sternglass, Infant Mortality and Nuclear Power Generation. Hearing of the Pennsylvania Senat Select Committee on Reactor Siting. Harrisburg, 21. Oktober 1970.

[15] J. W. Gofman und A. R. Tamplin, Poisoned Power. The Case against Nuclear Power Plants. Emmaus/Pa (USA) 1971.

daß die durch eine Ganzkörperbestrahlung ausgelöste Zahl der malignen Geschwülste 30mal so hoch sei wie die Zahl der Fälle, die Leukämie erzeugen, und daß ein so wesentlicher Anteil der Krebserkrankungen der Bevölkerung, wie die Autoren dies annehmen, auf die natürliche Strahlenbelastung zurückzuführen sei. Deshalb sei auch die errechnete Rate für Krebserkrankungen aufgrund der bei der Kernenergieerzeugung freigesetzten Radioaktivität wesentlich überschätzt[16].

Erhebliches Aufsehen erregte die am 24. Oktober 1978 von der Deutschen Presseagentur verbreitete Meldung, das Institut für biologische Sicherheit in Bremen unter der Leitung von Walther Soyka (einem Politologen) und Roland Bohlinger (einem Historiker) habe festgestellt, daß die Zahl der Leukämiefälle in der Umgebung des Kernkraftwerks Lingen seit dessen Inbetriebnahme sprunghaft angestiegen sei. Diese Feststellung ist sowohl vom Bundesinnenministerium als auch von der niedersächsischen Landesregierung nachdrücklich zurückgewiesen worden. Das Bundesinnenministerium stellt dazu fest, daß Angaben von medizinischen Laien ungeprüft übernommen oder mit statistisch nicht vertretbaren Methoden (Umfragen, Zuschriften auf Suchanzeigen, Recherchen bei Friedhofswärtern) gewonnen und ausgewertet wurden. Nach Aussage von bekannten Kinderklinikern und Leukämiespezialisten aus der Umgebung Lingens und Hamburgs lasse sich kein Anstieg der Leukämierate, weder in der Umgebung Lingens noch in ganz Niedersachsen, feststellen. Dieser Vorgang verdient auch deshalb besondere Beachtung, weil der österreichische Staatsangehörige W. Soyka seine Erkenntnisse vornehmlich zunächst in Österreich unmittelbar vor dem Zwentendorf-Referendum am 5. November 1978 bekanntgegeben hatte. Ein Einfluß dieser bis zum Wahltag nicht mehr nachprüfbaren Behauptungen auf das knappe Wahlergebnis kann nicht ausgeschlossen werden.

5.1.3 Tatsächliche Strahlenbelastung

Vorstehend wurde wiederholt auf die Strahlenbelastung hingewiesen, die den menschlichen Organismus unter Außerachtlassung der Auswirkungen der Kernenergie trifft.

(1) Das Ausmaß der durchschnittlichen *Gesamtstrahlenbela-*

[16] Vgl. dazu O. Hug, Strahlenschäden und Strahlenschutz. Vortrag auf der Reaktortagung 1971 in Bonn, atomwirtschaft, Juni 1971, S. 294.

Übersicht 135 Genetisch signifikante Strahlenexposition der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland 1976 und 1977 in mrem/a

1. Natürliche Strahlenbelastung	ca. 110	
Kosmische Strahlung in Meereshöhe	ca. 30	
Terrestrische Strahlung	ca. 50	
– bei Aufenthalt im Freien		ca. 43
– bei ständigem Aufenthalt in Häusern		ca. 57
Inkorporierte radioaktive Stoffe	ca. 30	
2. Künstliche Strahlenbelastung	ca. 60	
Anwendung ionisierender Strahlen und radioaktiver Stoffe in der Medizin	ca. 50	
– Röntgendiagnostik		ca. 50
– Strahlentherapie		< 1
– Nuklearmedizin		ca. 2
Fall-out aus Kernwaffenversuchen	< 1	
– von außen im Freien		< 1
– durch inkorporierte radioaktive Stoffe		< 1
Verwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlen in Forschung und Technik	< 2	
– Technische Strahlenquellen		< 1
– Industrieprodukte		< 1
– Störstrahler		< 1
Beruflich strahlenexponierte Personen (Beitrag zur mittleren Strahlenexposition der deutschen Bevölkerung; die mittlere Dosis der *betroffenen* Bevölkerung erreicht etwa 80 mrem/a)	< 1	
Kerntechnische Anlagen (Beitrag zur mittleren Bevölkerungsdosis)	< 1	

Das Zeichen < bedeutet »kleiner als«
Die genetisch wirksame Strahlenbelastung entspricht etwa der Ganzkörperbelastung.

Quelle: Bundesministerium des Inneren

stung der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland ergibt sich aus dem auf der Grundlage der Meßwerte von etwa 50 amtlichen Meßstellen festgestellten mittleren Aktivitätsspiegel, den für 1976 und – übereinstimmend für 1977 – Übersicht 135 angibt. In diese Übersicht ist auch die durch die Kernenergiegewinnung hervorgerufene Radioaktivität einbezogen. Die Anga-

ben dieser Übersicht über die Strahlenbelastung der deutschen Bevölkerung sind Teil der aufgrund eines Ersuchens des Deutschen Bundestags jährlich vom Bundesminister des Inneren (BMI) erstatteten Berichte über Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung.[17]

Der Bericht, den das Bundesministerium über die Umweltradioaktivität im Jahre 1977 erstattete, stellt im einzelnen fest:

(a) Die künstliche Strahlenexposition der Bevölkerung ist im wesentlichen durch die Anwendung ionisierender Strahlen und radioaktiver Stoffe in der *Medizin* bestimmt.

(b) In der Atmosphäre und in den Lebensmitteln nachweisbare langlebige radioaktive Stoffe stammen nach wie vor aus den *Kernwaffenversuchen* der ausgehenden 50er und beginnenden 60er Jahre[18] (s. S. 503f.).

(c) Die Strahlenexposition durch *kerntechnische Anlagen* liegt unter 1 mrem/a und erhöht somit die Strahlenexposition der Bevölkerung (ca. 170 mrem/a) nur ganz geringfügig. Die tatsächliche, durch die Emission radioaktiver Stoffe mit der Abluft und dem Abwasser aus kerntechnischen Anlagen verursachte Strahlenexposition dürfte selbst an den ungünstigsten Einwirkungsstellen zumeist im Bereich eines mrem/a bis zu einigen mrem/a gelegen haben.

(d) Eine strahlenbiologische Abschätzung der stochastischen, (d.h. mit den Methoden der Wahrscheinlichkeitsrechnung und der mathematischen Statistik errechneten) Strahlenwirkung ergibt für die Bevölkerung der Bundesrepublik, daß etwa 0,6% der durch *Krebs* oder *Leukämie* verursachten Todesfälle und etwa 0,4% der vererbbaren Schäden durch die natürliche Strahlenexposition verursacht werden können. Der Bericht stellt fest,

[17] In dem vom Bundesinnenminister Anfang Juli 1980 dem Deutschen Bundestag vorgelegten Bericht über die »Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr *1978*« (Drucksache 8/4101) wird festgestellt, daß sich die Strahlenbelastung der Bevölkerung – wie in den Vorjahren – nicht erhöht hat. Voraussichtlich auch im nächsten Jahrzehnt werde die mittlere Strahlenexposition der deutschen Bevölkerung durch Kernenergieanlagen deutlich unter 1% der natürlichen Strahlenexposition bleiben.

[18] Die schweren, durch eine Kernexplosion in die Atmosphäre geschleuderten Teilchen – der Nah-Fallout – fallen innerhalb weniger Tage in der Nähe des Explosionsortes zur Erde. Dagegen steigen die leichteren Teilchen in die obere Troposphäre und verteilen sich weltweit. Sie gelangen vornehmlich mit Niederschlägen, zum Teil erst nach vielen Jahren zur Erde. 1963 betrug die Strahlenbelastung der Bevölkerung der nördlichen Hemisphäre infolge Fallout *(unabgeschirmt)* etwa 25 mrem/a. Sie geht seitdem ständig zurück und betrug 1975 *(unabgeschirmt)* nur noch 8 mrem/a.

daß das Strahlenrisiko der Bevölkerung durch die friedliche Nutzung der Kernenergie weniger als 1:100000 des derzeitigen Krebsrisikos beträgt und damit sehr viel kleiner ist als die statistischen Schwankungen des allgemeinen Krebsrisikos.

Schon in seiner Antwort vom Mai 1974 auf eine Frage des Abgeordneten M. Marschall stellte Bundesminister H. D. Genscher auch für die Zukunft verbindlich fest: »Die der Bundesregierung zur Verfügung stehenden Statistiken und Untersuchungsergebnisse haben bisher keine Anhaltspunkte dafür gegeben, daß sich der Betrieb kerntechnischer Anlagen in irgendeiner Weise negativ auf den Gesundheitszustand der Bevölkerung in der Umgebung ausgewirkt hat. Es ist auch mit Sicherheit nicht anzunehmen, daß sich in Zukunft solche Auswirkungen ergeben werden, weil die zusätzliche mittlere Strahlenbelastung der Bevölkerung weniger als 1% der natürlichen Strahlenbelastung beträgt, während z.B. die zusätzliche mittlere Strahlenbelastung der Bevölkerung durch die Anwendung von Röntgenstrahlen zu Diagnostikzwecken auf rund 40% der natürlichen Strahlenbelastung geschätzt wird.«

(2) Die Strahlenbelastungen variieren in weiten Grenzen. So steigt die Belastung aus *kosmischer Strahlung* mit der Höhe, da die Lufthülle der Erde dort weniger Strahlung absorbiert. In 1000 m ist diese Strahlung mit etwa 60 mrem/a schon etwa doppelt so hoch wie in Meereshöhe (30 mrem/a). In dieser Rechnung entspricht die zusätzliche Strahlenbelastung, die auf die friedliche Nutzung der Kernenergie zurückgeht, einer Höhendifferenz von weniger als 30 Metern. Andererseits erreicht die Belastung bei Flügen in 10000 m Höhe immerhin 0,5 mrem je Flugstunde.

Die *terrestrische* Strahlenbelastung stammt aus den in der Erdrinde überall vorhandenen radioaktiven Stoffen. Dies sind insbesondere

- Radionuklide, die seit der Entstehung der Erde langsam zerfallen (Kalium-40, Rubidium-87, Uran, Thorium);
- Radionuklide, die durch den Zerfall schwerer natürlicher Radionuklide in Zerfallsreihen ständig neu gebildet werden (Uran-Radium-Reihe, Uran-Aktinium-Reihe, Thorium-Reihe);
- Radionuklide, die in der Lufthülle der Erde durch die kosmische Strahlung entstehen und mit dem Regen auf die Erdoberfläche gelangen (z.B. Kohlenstoff-14, Tritium).

Die terrestrische Strahlenbelastung (Mittelwert im Freien 43

mrem/a) hängt wesentlich von der Art des Untergrundgesteins ab und beträgt beispielsweise:

- in Schleswig-Holstein 37 mrem/a
- im Harz 102 mrem/a
- im Bayerischen Wald 146 mrem/a
- im Kaiserstuhl 150 mrem/a
- auf dem Katzenbuckel bei Mosbach 630 mrem/a
- in der Nähe der Uranvorkommen von Menzenschwand im Schwarzwald (in der Gemeinde Menzenschwand selbst immerhin 165 mrem/a) 1800 mrem/a

ferner in den Monazitbezirken, verursacht durch den hohen Thoriumanteil in den Monazitsanden:

- in Kerala an der Westküste Indiens[19] bis zu 4000 mrem/a (mittlere Dosis für insgesamt 100000 Einwohner: 1300 mrem/a)
- an der Atlantikküste Brasiliens bis zu 12000 mrem/a

Auch innerhalb von *Bauwerken* (Mittelwert für Wohnungen in Deutschland: 57 mrem/a) ist die Strahlenbelastung häufig höher[20]. So wurden zusätzlich gemessen:

[19] Eine Untersuchung des indischen Bhabha Atomic Research Centre hat gezeigt, daß in diesem Gebiet von 70000 Einwohnern mit einem bis zu 200fach höheren als dem natürlichen Strahlenpegel keine signifikanten Strahlenschäden nachweisbar sind (atomwirtschaft 9/78).

[20] Wärmedämmung vermindert die Luftzirkulation und erhöht damit signifikant die Strahlenbelastung, eine zumeist übersehene Auswirkung. Nach W. Jacobi (Münchener Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung) steigt die mittlere Strahlenbelastung der Lunge um 50 mrem/a, wenn die derzeit übliche Belüftung nur um 10% gesenkt wird. Das *»Radon-Problem«* werde damit zu dem wichtigsten und schwierigsten Problem des Strahlenschutzes der Zukunft.

In einer am 6. November 1980 veröffentlichten Stellungnahme hat die im Auftrage des Bundesministers des Inneren tätige Strahlenschutzkommission (SSK) diese Frage aufgegriffen. Sie stellt fest, daß Radon-Zerfallsprodukte in der Raumluft von Häusern eine mittlere jährliche Äquivalentdosis von 600 bis 1300 mrem im Bronchialepithel und von 150 bis 400 mrem im Aveolarbereich der Lunge verursachen. In etwa 10% der Häuser werden diese Mittelwerte um mehr als das Dreifache übertroffen. Bei einer Reduktion der Raumbelüftung auf die Hälfte könne eine Verdopplung der vorgenannten Lungendosis-Werte erwartet werden. Um die Tragweite dieser Feststellungen zu verdeutlichen, sei empfohlen, die vorstehend bezeichneten Bestrahlungsdosen zu vergleichen mit den weiter unten genannten Obergrenzen für die Strahlenbelastungen durch Kernkraftwerke, die die geltende Strahlenschutzverordnung festgelegt hat: 30 mrem/a für den Ganzkörper und 90 mrem/a für die einzelnen Organe, und zwar am denkbar ungünstigsten Einwirkungsort in der Umgebung einer solchen Anlage – ungeachtet der Tatsache, daß die Radioaktivitätsabgaben von Kernenergieanlagen

in Betonbauten 10 bis 20 mrem/a
in Natursteinbauten 20 bis 40 mrem/a
in Granitbauten 40 bis 200 mrem/a

Besonders hoch sind die *Strahlenbelastungen durch ärztliche,* vornehmlich diagnostische *Maßnahmen.* Röntgenuntersuchungen innerer Organe belasten den Körper (Magen-Darm oder Kontrasteinlauf) bis zu 16 rem (16000 mrem). In der Krebs*therapie* können lokale Belastungen bis zu 10000 rem (10 Mio mrem) erreicht werden.

5.1.4 Strahlenschutzbestimmungen

(1) Seit Jahrzehnten untersuchen Wissenschaftler, welche Strahlendosen einzelnen Personen und Bevölkerungsgruppen zugemutet werden dürfen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden von der Internationalen Kommission für Strahlenschutz (ICRP) zu Empfehlungen für Strahlenschutzrichtwerte verarbeitet, die der Strahlenschutzgesetzgebung sowohl der Europäischen Atomgemeinschaft (den mit unmittelbarer Rechtskraft ausgestatteten Grundnormen nach Art. 30ff. des EURATOM-Vertrages[21]) als auch der Regierungen, so den Strahlenschutzverordnungen der Bundesregierung, zugrunde liegen. In der Bundesrepublik gilt die am 1. April 1977 in Kraft getretene neue Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen *(Strahlenschutzverordnung)* vom 13. Oktober 1976 (BGBl. I, S. 2905). In dieser Neufassung wurden auch die in den letzten Jahren gewonnenen Erkenntnisse, Richtlinien und Empfehlungen der internationalen Organisationen (ICRP, IAEO, OECD und EURATOM) berücksichtigt.

Die genannten internationalen Richtlinien, Regelungen und Empfehlungen fixieren die zulässigen Höchstdosen, die ausreichende Sicherheit gewähren, d.h. höchstzulässige Dosiswerte für externe und interne Strahlenbelastungen, ferner »Höchst-

nach amtlicher Bekundung in Wirklichkeit noch nicht einmal 1 mrem/a erreichen (Übersicht 135). Angesichts dieser Diskrepanzen kann leicht der Eindruck entstehen, daß bei Rechtsakten der Verwaltung politischer Opportunismus Vorrang hat vor dem Grundsatz, objektive Kriterien ausgewogen und gleichmäßig anzuwenden.

[21] In Anpassung an eine neuere Empfehlung der ICRP und unter Berücksichtigung neuer Definitionen der International Commission on Radiological Units and Measurements (ICRU) hat der Ministerrat der Europäischen Gemeinschaften am 1. Juni 1976 eine revidierte Fassung der EURATOM-Grundnormen verabschiedet (ABlEG Nr. L 187/1 v. 12. 7. 1976).

grenzen für die Aussetzung gegenüber schädlichen Einflüssen und für schädlichen Befall« und Grundsätze für die ärztliche Überwachung der Arbeitskräfte (Art. 30 des EURATOM-Vertrages). Sie berücksichtigen dabei die mögliche Anreicherung radioaktiver Stoffe in den Gonaden (Keimdrüsen), den Knochen und der Lunge. In Deutschland erreicht die vornehmlich auf Kalium 40 zurückzuführende innere Strahlenbelastung durch aufgenommene natürliche radioaktive Stoffe bei den Gonaden 29 mrem/a und entspricht damit der des Ganzkörpers von 30 mrem/a. Für Zellgewebe an den Knochen werden 53 und für das Knochenmark 32 mrem/a gemessen. Die Strahlenbelastung der Lunge schwankt zwischen 80 und 220 mrem/a. Sie ist in erster Linie auf das Radon 220 und seine Folgeprodukte zurückzuführen.

International gilt das im Sommer 1973 auch von der Bundesrepublik Deutschland ratifizierte Übereinkommen Nr. 115 der Internationalen Arbeitsorganisation (ILO) vom 22. Juni 1960 über den Schutz der Arbeitnehmer vor ionisierenden Strahlen. Die auf den EURATOM-Grundnormen basierenden deutschen Strahlenschutzvorschriften halten sich durchweg in den durch dieses Übereinkommen fixierten Grenzen.

(2) Die neue Strahlenschutzverordnung vom 13. Oktober 1976, die der damalige Bundesinnenminister W. Maihofer als wichtigen Beitrag zur Festschreibung des hohen kerntechnischen Sicherheitsniveaus und zum Schutz der Bevölkerung vor den Gefahren ionisierender Strahlen kennzeichnete, macht es erforderlich, Kernkraftwerke so zu planen, daß selbst beim ungünstigsten Störfall Einzelpersonen in der Umgebung keine höhere Strahlenbelastung empfangen, als sie für beruflich mit Strahlen umgehende Personen zugelassen ist, nämlich 5 rem/a Ganzkörperdosis[22]. Unvermeidbare Strahlenbelastungen müssen zudem auch unterhalb der höchstzugelassenen Werte so gering wie möglich gehalten werden.

Im einzelnen schreibt die neue Verordnung folgende Obergrenzen für die Strahlenbelastung vor:

(a) Berufliche Strahlenexposition

- Für »beruflich strahlenexponierte Personen« (in Deutschland derzeit 133 000 Personen, die ein Dosimeter tragen müssen):

[22] Ganzkörperdosis ist der Mittelwert der Äquivalentdosis über Kopf, Rumpf, Oberarme und Oberschenkel als Folge einer als homogen angesehenen Bestrahlung des ganzen Körpers.

- 5 rem/a für Ganzkörper, Knochenmark, Gonaden, Uterus;
- 60 rem/a für Hände, Unterarme, Füße, Unterschenkel, Knöchel;
- 30 rem/a für Haut, Knochen, Schilddrüse;
- 15 rem/a für andere Organe.
- im Kalendervierteljahr höchstens die Hälfte des Jahreswertes.

Die vorstehend genannten Höchstwerte für die berufliche Strahlenexposition sind nur für die schwersten denkbaren Störfälle in Betracht zu ziehen. Niedrigere Grenzwerte gelten

• für Erwachsene, die in der Nähe von »Kontrollbereichen«, hier vor allem von Kernkraftwerken, arbeiten oder gelegentlich Kontrollbereiche betreten, sowie Personen, die in der Nachbarschaft der Kontrollbereiche leben:

jeweils etwa 1/3 der Werte für beruflich Strahlenexponierte;

• für Personen unter 18 Jahren bei Ausbildung im Kontrollbereich:

1/10 der Werte für beruflich Strahlenexponierte.

(b) Strahlenexposition der Bevölkerung

• im außerbetrieblichen Überwachungsbereich *(nur äußere Bestrahlung):*

150 mrem/a Ganzkörper

• Dosisgrenzwerte für Bereiche, die »Nicht-Strahlenschutzbereiche« sind, d.h. für die gesamte übrige Bevölkerung:

• 30 mrem/a für Ganzkörper, Knochenmark, Gonaden, Uterus;
• 90 mrem/a für Schilddrüse und andere Organe;
• 180 mrem/a für Knochen und Haut.

Diese Grenzwerte gelten jeweils für die Ableitung mit Luft *oder* Wasser, im Falle der Schilddrüsenbelastung für die Ableitung mit Luft *und* Wasser über alle Belastungspfade. Die Grenzwerte müssen eingehalten werden:

• an der ungünstigsten Einwirkungsstelle unabhängig davon, ob diese Stelle zur Zeit besiedelt oder landwirtschaftlich genutzt ist;

• unter Berücksichtigung sämtlicher relevanten Belastungspfade;

• unter Berücksichtigung der Ernährungs- und Lebensgewohnheiten der kritischen Bevölkerungsgruppe;

• unter Berücksichtigung einer möglichen Vorbelastung durch andere Anlagen und Einrichtungen.

(3) Hierzu drei Feststellungen:

(a) Die Genehmigung von kerntechnischen Anlagen wird in Deutschland regelmäßig davon abhängig gemacht, daß die Strahlenbelastung in seiner Umgebung an keiner Stelle die oben unter (b) genannten Grenzwerte, hier vor allem 30 mrem/a für den Ganzkörper, übersteigt. Da aus technischen oder meteorologischen Gründen, insbesondere auch wegen der Windrichtung, kleine Zonen wesentlich stärker belastet sind als die gesamte übrige Umgebung, führt nach K. H. Lindackers ein Höchstwert von 30 mrem/a am gefährdetsten Punkt nur zu einer durchschnittlichen Belastung der Gesamtbevölkerung innerhalb eines Umkreises von 10 km von etwa 0,4 mrem/a. In diesem Lichte ist auch ein Vergleich des deutschen Höchstwertes mit der amerikanischen »Empfehlung« zu sehen, Kernkraftwerke so »auszulegen«, daß die Strahlenbelastung in der Umgebung 5 mrem/a nicht übersteigt.

(b) Die durch den Betrieb von Kernkraftwerken freigesetzte Radioaktivität entsteht durch den spontanen Zerfall von Radionukleiden[23]. (Ein Nukleid ist eine durch seine Protonenzahl, Neutronenzahl und seinen Energiezustand charakterisierte Atomart.) Von den etwa 1500 verschiedenen Nukleiden sind etwa 1200 (instabile) Radionukleide. Wir unterscheiden kurz- und langlebige Nukleide. Die Wirkung der kurzlebigen Radionukleide beschränkt sich im wesentlichen auf die unmittelbare Umgebung der Kernenergieanlage. Langlebige Radionukleide wirken sich dagegen mehr oder minder global auf die Atmosphäre und das Wasser aus. Zu den *kurzlebigen Nukleiden* rechnen vornehmlich das Jod 131 (8,5 d) und das Xenon* 133 (5,2 d) und 135 (6,6 h). Die wichtigsten *langlebigen Nukleide* sind Krypton 85 (10,7 a) und Tritium 3 (12,3 a). Im festen Abfall spielen Strontium 90 (28 a) und Cäsium 137 (30 a) sowie einige Transurane eine besondere Rolle (in den Klammern sind die Halbwertzeiten angegeben). Die Aktivität der Ventilationsabluft eines Kernkraftwerks beruht vornehmlich auf dem Xenon, dem Krypton und dem Jod sowie auf Aerosolen (Gase mit schwebenden festen oder flüssigen Partikeln), zu deren Aktivität das Kobalt 58 und 60 wesentlich beiträgt.

Für die langlebigen Nukleide sind Voraussagen auf der

[23] Die deutsche Risikostudie (s. d.) weist darauf hin, daß Radionukleide, die bei Stör- oder Unfällen freigesetzt werden können, fast ausnahmslos β- und γ-Strahlen emittieren, deren Qualitätsfaktor (Q) gleich eins ist, so daß ein rem einem rad entspricht.

Grundlage der Energieprognosen möglich: Am Ende dieses Jahrhunderts wird die Strahlenbelastung der nördlichen Erdhalbkugel aus Krypton 85 etwa 1 mrem/a betragen. Die gesamte Kernenergieproduktion der Welt wird bis zu diesem Zeitpunkt weniger Tritium freigesetzt haben, als dann noch aus den Atombombenexplosionen der 50er Jahre in der Atmosphäre vorhanden sein wird.

(c) Die mit Abluft und Abwasser freigesetzten radioaktiven Stoffe können auf verschiedenen Wegen *(Belastungspfaden)* auf den Menschen einwirken und zu einer Strahlenbelastung führen.

Äußere Bestrahlungen (Submersion) sind möglich durch:
- die radioaktive Abluftwolke
- die radioaktiven Ablagerungen auf dem Boden
- die radioaktiven Stoffe in Gewässern

Innere Bestrahlungen ergeben sich durch Aufnahme radioaktiver Stoffe mit
- der Atemluft (Inhalation)
- der Nahrung und dem Trinkwasser (Ingestion)

Die äußere Strahlenbelastung ist abhängig von der Konzentration der einzelnen Radionuklide am Aufenthaltsort. Die Berechnung ist relativ einfach.

Schwieriger ist die Ermittlung der Strahlenbelastung durch Inhalation. In diesem Fall müssen neben den Nuklidkonzentrationen am Aufenthaltsort die Aufnahme und Verteilung in der Lunge, die Verteilung auf die anderen Organe und die Verweilzeiten berücksichtigt werden. Dazu sind zahlreiche biologische Daten heranzuziehen.

Bei der Berechnung der Ingestionsdosis muß zusätzlich die Weitergabe in den Nahrungsketten berücksichtigt werden. Folgende Teilschritte sind dabei in Betracht zu ziehen:
- Ablagerung auf Boden und Bewuchs,
- Aufnahme durch Pflanzen,
- Aufnahme durch Tiere,
- Verarbeitung zu Nahrungsmitteln,
- Verzehr durch den Menschen.

Für die Weitergabe innerhalb der Nahrungsketten sind biologische Faktoren zu berücksichtigen: einerseits die Aufnahmemengen für Nahrung und Trinkwasser, andererseits das unterschiedliche Verhalten der verschiedenen Substanzen im Stoffwechsel von Pflanzen und Tieren.

Übersicht 136 zeigt am Beispiel der Genehmigungswerte für

Übersicht 136: Strahlenbelastungen durch ein Kernkraftwerk (Beispielrechnung mit Genehmigungswerten für einen typischen Standort und extremen Lebens- und Konsumgewohnheiten der Bevölkerung) in mrem/a

Belastungspfade Abluft	Ganzkörper Keimdrüsen	Schilddrüse Erwachsener	Schilddrüse Kleinkind	Knochen	Haut	Lunge
Direktstrahlung aus der Abluftwolke						
äußere γ-Strahlung	4,8					
äußere β-Strahlung					0,86	
Direktstrahlung aus Ablagerungen am Boden	2,1					
Inhalation aus der Abluftwolke		0,1	0,2			0,14
Ablagerung aus der Luft auf Pflanzen						
Milchkonsum		6,4	46			
Fleischverzehr		0,2				
Verzehr von pflanzlichen Nahrungsmitteln	0,4	1,4		1,0		
Gesamtbelastung über Abluft	7,3	8,1	46,2	1,0	0,86	0,14
Grenzwert	*30*	*	*	*180*	*180*	*90*

Belastungspfade Abwasser						
Direktstrahlung (Schwimmen, Bootfahren, Uferaufenthalt)	0,14				0,16	
Trinkwasseraufnahme	0,02	0,13		0,06		
Fischverzehr	0,54	0,79		0,71		
Benutzung von Flußwasser zur Viehtränke						
Milchkonsum		0,04	0,26			
Fleischverzehr	0,002	0,006				
Benutzung von Flußwasser zur Beregnung						
Milchkonsum	0,01	0,06	0,39			
Fleischverzehr		0,01				
Verzehr von pflanzlichen Nahrungsmitteln	0,03	0,06		0,23		
Gesamtbelastung über Abwasser	0,74	1,1	0,65	1,0	0,16	
Grenzwert	*30*	*	*	*180*	*180*	*90*
Gesamtbelastung über Abluft und Abwasser	8,04	9,2	46,9	2,0	1,02	0,14
Grenzwert	–	*90**	*90**	–	–	–

*Der Grenzwert für die Schilddrüsenbelastung ist für Abluft und Abwasser insgesamt auf 90 mrem/a festgelegt.

Quelle: RWE

ein 1300 MWe-Druckwasser-Kernkraftwerk die Gesamtbelastungen durch Abluft und Abwasser einerseits und die zulässigen Grenzwerte andererseits. Dabei sind extreme, von den mittleren Jahreswerten der Bevölkerung abweichende Lebens- und Versorgungsgewohnheiten zugrunde gelegt, so z.B. 100 statt 4 Jahresstunden Schwimmen, 1000 statt 4 Jahresstunden Bootsfahren und 1000 statt 2 Jahresstunden Aufenthalt auf trockenliegenden Uferstreifen oder auch ein Jahresverzehr von 39 anstatt 1,3 kg Süßwasserfisch, der in der Kühlwasserfahne gefangen wird. Wie die Übersicht zeigt, ergibt sich für die Schilddrüsenbelastung des Kleinkindes der höchste Wert. Da-

Übersicht 137: Summe der Strahlenexposition im Jahre 1977 in der Umgebung von Kernkraftwerken durch Abgabe radioaktiver Stoffe mit Abluft und Abwasser in mrem/a

	Abluft			Abwasser	
Kernkraftwerk	*Maximale* Strahlenexposition des Ganzkörpers Erwachsener über sämtliche Expositionspfade	*Mittlere* Strahlenexposition des Ganzkörpers Erwachsener für die Bevölkerung im Umkreis von 0–3 km	0-20 km	*Maximale* Strahlenexposition des Ganzkörpers für Einzelpersonen[a] – Summe einschl. Bestrahlung am Ufer	*Mittlere* Strahlenexposition der Bevölkerung[b] Ganzkörper – Summe einschl. Bestrahlung am Ufer
Kahl	0,04	0,001	<0,001	0,06	<0,01
Gundremmingen	0,09	0,004	<0,001	2	0,1
Lingen	<0,01	<0,001	<0,001	0,1	<0,01
Obrigheim	0,3	0,02	0,002	0,08	<0,01
Stade	0,1	0,02	0,001	0,01	<0,01
Würgassen	0,5	0,03	0,003	0,2	0,02
Biblis A Biblis B	0,2	0,03	0,003	<0,01	<0,01
Neckarwestheim	0,2	0,02	0,002	0,02	<0,01
Brunsbüttel	0,1	0,008	0,001	0,04	<0,01
Isar	<0,01	<0,001	<0,001	<0,01	<0,01
derzeit *zugelassen*	*30*			*30*	

[a] Für Einzelpersonen werden extreme Verzehrgewohnheiten zugrundegelegt.
[b] Für die Bevölkerung werden mittlere Verzehr- und Lebensgewohnheiten zugrunde gelegt.

Quelle: ABE-Bericht für 1977

Übersicht 138: Summenwerte der Aktivitätsabgaben und Genehmigungswerte der Blöcke A und B des Kernkraftwerkes Biblis.

	tatsächliche Abgaben[a]						Genehmigungswerte für die Blöcke A und B zusammen Ci/a
	1975		1976		1977		
	Abgabe Ci/a	Anteil am Genehmigungswert %	Abgabe Ci/a	Anteil am Genehmigungswert %	Abgabe Ci/a	Anteil am Genehmigungswert %	
Abluft							
Edelgase	1682	1,9	1451	1,6	4203	4,7	89500
Jod 131	0,0049	9,7	0,023	3,3	0,0039	0,6	0,695
Aerosole							
– kurzlebig	0,047	0,04	0,115	0,1	0,051	0,004	115
– langlebig	0,0061	0,19	0,031	0,9	0,0056	0,2	3,25
Abwasser							
Nuklidgemisch ohne Tritium	0,38	3,8	0,49	4,9	0,16	1,6	10
Tritium	106	6,6	341	21,9	335	20,9	1600

[a] 1978 und 1979 lagen die tatsächlichen Abgaben in den gleichen Größenordnungen.

Quelle: ABE-Berichte

gegen wurden für viele andere Belastungsmöglichkeiten nur äußerst geringe Dosiswerte gefunden. Auch wenn die einzelnen Beiträge der Belastungspfade für jedes Organ zu einer Gesamtdosis summiert werden, erreichen sie in keinem Fall auch nur annähernd den gesetzlich festgelegten Grenzwert. Sie bleiben weit unterhalb der Schwankungsbreite der natürlichen Strahlenbelastung.

(4) Die *tatsächliche Radioaktivitätsabgabe* an die Umgebung, die von Kernkraftwerken ausgeht, liegt, wie die Übersichten 137 und 138 zeigen, wesentlich – zumeist um mehrere Größenordnungen – unter den genannten oder den genehmigten Höchstwerten. Nach den Feststellungen des Ausschusses für Betriebserfahrungen des Deutschen Atomforums (ABE-Ausschuß) gilt dies auch für das letzte Berichtsjahr, nämlich 1979.

(5) Häufig wird behauptet, es bestünden prinzipielle Unterschiede in der biologischen Wirkung zwischen der natürlichen Strahlung und der Strahlung aus einer kerntechnischen Anlage. Dies ist falsch. Aufgrund eindeutiger Aussagen von Strahlenbiologen aus aller Welt sind die beiden Strahlungen in der biologischen Wirkung direkt vergleichbar. Diese Feststellung wird bestätigt durch die Empfehlungen wissenschaftlicher Gremien, wie z.B. der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) und des Wissenschaftlichen Komitees der Vereinten Nationen über Effekte der Kernstrahlung (UNSCEAR).

Auch die Deutsche Strahlenschutzkommission hat sich klar zur Vergleichbarkeit natürlicher und künstlicher Strahlung ausgesprochen: »Die biologischen Wirkungen der verschiedenen Strahlenarten aus natürlichen und künstlichen Strahlenquellen beruht auf den gleichen biophysikalischen Mechanismen. Eine äußere oder innere Bestrahlung aus künstlichen Quellen hat bei gleicher Äquivalentdosis ... die gleiche Wirkung wie die Bestrahlung aus natürlichen Quellen.«

5.1.5 Das Krebsrisiko

Auf einer von der Schweizerischen Vereinigung für Atomenergie (SVA) im Mai 1974 in Luzern veranstalteten Arbeitstagung hat sich der amerikanische Radiologe R. E. Linnemann zum Strahlenrisiko wie folgt geäußert: »Nach dem Gutachten des Advisory Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiation der National Academy of Sciences könnte eine künstliche Strahlenbelastung von 0,001 Millirad (mrd) für die

Bevölkerung der USA in 0,04 zusätzlichen Krebstodesfällen pro Jahr resultieren. Die spontane Krebs-Todesrate liegt in den USA dagegen bei 340000 pro Jahr. Aus der Reaktorbelastung könnten sich ferner 0,08 zusätzliche genetische Mutationen jährlich ergeben. Von den 3,5 Millionen jährlichen Geburten sind normalerweise etwa 400000 durch irgendwelche mit genetischen Ursachen zusammenhängende Probleme belastet. Mit anderen Worten: Falls die Strahlung bei so niedrigen Dosen wirklich schädlich sein sollte, so scheinen im äußersten Falle ein zusätzlicher Krebstoter und weniger als ein genetisches Problem pro Jahr sich aus dem normalen Reaktorbetrieb zu ergeben. Wenn man diese Betrachtung für das Jahr 2000 unter gleichen Voraussetzungen für eine dann erwartete Bevölkerung von 300 Millionen bei 0,2 mrd aufstellt, so ergeben sich daraus acht zusätzliche Krebstote zu der dann zu erwartenden spontanen Krebs-Todesrate von 510000. Zusätzliche genetische Probleme können sich bei sechzehn Neugeborenen entgegen ›normal‹ 750000 bei gleichbleibender Geburtenrate ergeben. Die heutige Bevölkerungsdosis durch Kernkraftwerke (0,001 mrd/a) und die für ihre spätere Anzahl vorausberechnete (0,2 mrd/a) liegen vieltausendfach unter den Strahlenbelastungen, bei denen irgendwelche schädlichen Wirkungen auf den Menschen erwartet werden können.«

Diese Erkenntnisse lassen sich auch auf die deutsche Bevölkerung anwenden: Die Internationale Strahlenschutzkommission (ICRP) geht davon aus, daß ein (zusätzliches) »rem« bei einer Million bestrahlten Personen 100 (zusätzliche) Krebstote verursacht[24]. Legt man den in der Strahlenschutzverordnung genannten Grenzwert der Strahlenbelastung von 30 mrem/a (0,03 rem/a) zugrunde, so würden zu den 2256 spontanen jährlichen Krebsfällen auf 1 Mio Personen (vgl. Übersicht 139) durch Bestrahlung ausgelöst drei weitere (0,03 × 100) hinzukommen. Aus den folgenden vier Gründen beruht diese Risikoabschät-

[24] Der Referenzwert des ICRP (1977) ist nunmehr 125. Für die deutsche Bevölkerung liegt der »Erwartungsbereich« gemäß der Deutschen Risikostudie zwischen 80 und 200. Der im Juli 1980 vorgelegte Schlußbericht des amerikanischen Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiation (BEIR) der National Academy of Sciences (NAS) veranschlagt für 1 rad zivilisatorischer Bestrahlung 77 bis 226 zusätzliche Krebstodesfälle. Er legte dieser Errechnung eine »linear-quadratische« Beziehung zwischen Dosis und Wirkung zu Grunde, die für kleine Dosen geringere Werte für das Risiko liefert als dies bei einer linearen Extrapolation zu erwarten wäre.

Übersicht 139: Krebsrisiko aus den Ableitungen kerntechnischer Anlagen verglichen mit verschiedenen anderen Todesursachen.

	Sterbefälle je 1 Million Einwohner 1974
Insgesamt	11724
Altersschwäche	143
Krankheiten	
Herz und Kreislauf	5442
Diabetes mellitus	335
Lungenentzündung	215
Grippe	20
Bösartige Neubildungen (Krebs)	*2256*
davon Verdauungsorgane	993
Atmungsorgane	404
Unfälle und Vergiftungen	528
davon Verkehr	230
Strahlenbelastung aus kerntechnischen Anlagen	
Durchschnitt ⩽1 mrem/a	⩽0,1

zung auf in jeder Hinsicht übervorsichtigen, d.h. auf unrealistischen Annahmen:

- Es wurde eine höchstzugelassene Belastung der Gesamtbevölkerung von 30 mrem/a angesetzt. Dieser Wert ist aber nur an der höchstbelasteten Stelle in der Umgebung eines Kernkraftwerks zulässig. Daraus ergibt sich ein Mittelwert für die Bevölkerung in der Umgebung (10 km Radius) eines Kernkraftwerkes von weniger als 1 mrem/a (Lindackers) und von noch weit weniger für die gesamte deutsche Bevölkerung.
- Die Grenzwerte der radioaktiven Ableitungen, die die Strahlenbelastung auf 30 mrem pro Jahr begrenzen, werden nach den bisherigen Betriebserfahrungen nur zu wenigen Prozent ausgenutzt (vgl. Übersicht 136).
- Zum Schutz der Bevölkerung liegen den Rechnungen für die Verteilung der radioaktiven Stoffe in Luft, Wasser und Nah-

rungsketten äußerst vorsichtige, d. h. gewollt extrem ungünstige Annahmen zugrunde. Die tatsächliche Strahlenbelastung dürfte um wenigstens das 10fache, möglicherweise sogar um das 100-fache überschätzt sein.

- Zahlreiche experimentelle und ärztliche Beobachtungen widerlegen die Annahme einer linearen Dosis-Wirkung-Beziehung. Diese Annahme ist hier aber zugrundegelegt. Ersetzt man diese Annahme durch neuere Untersuchungsergebnisse, so vermindert sich allein deshalb das Risiko auf wenigstens die Hälfte, möglicherweise sogar auf ein Fünftel.

Diese vier kumulierend wirkenden Berichtigungen drücken das durch den normalen Betrieb von Kernkraftwerken ausgelöste Krebsrisiko weit unter den Ausgangswert von 3 Todesfällen auf 1 Mio Personen. Nach überschlägiger Rechnung wird dieses Risiko wahrscheinlich nur 1:1 Mio des spontanen Krebsrisikos erreichen, das wäre jährlich 1 Todesfall auf 400 Mio Personen. Über das Strahlenrisiko bei katastrophalen Unfällen unterrichtet das folgendes Kapitel.

5.2 Reaktorsicherheit

5.2.1 Sicherheitsphilosophie und Sicherheitstechnik

5.2.1.1 Das Gefährdungspotential

Prof. C. F. von Weizsäcker hat sich zur Sicherheit von Reaktoren mit folgenden Worten geäußert: »Nicht zu bestreiten ist, daß die Radioaktivität, die in einem Reaktor erzeugt wird, so groß ist, daß, wenn sie durch eine Katastrophe frei wird und in die Umwelt hinausgestreut würde, dieses in der Tat ein sehr großes Unglück bedeuten würde.« Er fügt dieser Feststellung die Erklärung zu: »Ich gestehe, daß ich hierüber wenig beunruhigt bin.«[25] In der Tat bilden die in einem Kernkraftwerk entstehenden, im Reaktorkern enthaltenen radioaktiven Spalt- und Aktivierungsprodukte ein erhebliches *Gefährdungspotential.* Nach längerer Betriebszeit liegt das Aktivitätsinventar in einem 1000-MWe-Kernkraftwerk bei etwa 7×10^9 Curie. Dieses Po-

[25] Aufgrund einer nicht mehr aufklärbaren Fehlleistung hatte es in der ersten Auflage geheißen, »ich gestehe, daß ich hierüber *nicht* wenig beunruhigt bin«. Der umfangreiche Schriftwechsel zur Richtigstellung dieses Druckfehlers hat dem Verfasser arg zugesetzt.

tential ist indessen noch gering im Vergleich zu dem entsprechenden Potential der Chlorproduktion: 400 Billionen tödliche Dosen jährlich in den USA.

Da sich ungeachtet aller Vorsorge Störungen beim Betrieb nicht ausschließen lassen, muß das Bestreben darauf gerichtet sein, die Eintrittswahrscheinlichkeit für solche Störungen soweit wie nur eben möglich zu reduzieren und/oder etwaige Schadensfolgen solcher Störungen in akzeptablen Grenzen zu halten.

Die Fehlbeurteilung des Risikos von Unfällen in Reaktoren oder in Anlagen des Brennstoffkreislaufs, etwa der Wiederaufarbeitung, erklärt sich zumeist aus einer Verwechslung des *»Gefährdungspotentials«*, d.h. des maximalen – hypothetischen – Schadens, der von einer Gefahrenquelle ausgehen kann, mit dem *»Risiko«*, d.i. das Produkt aus diesem Potential, und der *Wahrscheinlichkeit* für das Eintreten dieses Schadens.

Aus allen diesen Gründen steht nirgendwo sonst das Sicherheitsdenken bei Planung, Bau, Betrieb und Stillegung so sehr im Vordergrund wie bei Kernkraftwerken. Es ist darauf ausgerichtet, die im Betrieb entstehenden radioaktiven Stoffe bei allen Betriebs- und Störfallbedingungen unter Kontrolle zu halten.

5.2.1.2 Die Sicherheitskonzeption

(1) Die Sicherheit eines Kernkraftwerkes richtet sich nach den durch seine Errichtung und seinen Betrieb ausgelösten Gefährdungsmehrungen und Gefährdungsminderungen für die Bevölkerung. Gefährdungsrechnungen hängen in ihrem Ergebnis von der Eignung eines Kernkraftwerkes ab, die in ihm entstehenden radioaktiven Stoffe zurückzuhalten, und – falls dies nicht ausreichend gelingt – die Umgebungsbevölkerung in ihrer Gesundheit nicht zu beeinträchtigen. Dafür ist entscheidend

- welche Umstände zu einer Freisetzung radioaktiver Stoffe führen können;
- welche radioaktiven Stoffe freigesetzt werden;
- in welchem chemisch-physikalischen Zustand, in welchem Zeitraum und in welchen Mengen solche Stoffe abgegeben werden;
- welche Wetterbedingungen herrschen und wie sich die Bevölkerung in der Umgebung des Kernkraftwerks verteilt;
- ob sich die Bevölkerung während und nach der Freisetzung von Radioaktivität richtig verhält.

(2) Um ein Höchstmaß an Sicherheit zu erreichen, geht man

bei der Kernenergie in einer sonst in Wissenschaft und Technik nicht üblichen Weise vor: statt erst aus eingetretenen Störfällen Lehren zu ziehen, unterstellt man von vornherein die Möglichkeit von Versagensereignissen. Auch ein anderer Grund spricht für dieses Vorgehen: Normalerweise entwickelt sich eine Technik durch Lernen aus Mängeln und Fehlern auf der Grundlage von Erfahrungen. Dieser Weg ist der Reaktortechnik verschlossen, denn die Prozesse in einem Reaktor dürfen wegen der damit verbundenen Gefahren nicht außer Kontrolle geraten. Der Reaktor muß in einer Weise angelegt sein, die schwere Unfälle mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit ausschließt. Die Entwicklung der Kernenergie für friedliche Zwekke ist daher gekennzeichnet durch extremes Sicherheitsdenken und unterscheidet sich von jeder anderen Technik, selbst der Flugtechnik. Grundlage dieser Sicherheitsphilosophie ist die systematische Analyse aller denkbaren, selbst der unwahrscheinlichsten Störungen des Betriebs von Kernenergieanlagen.

(3) Radioaktivität kann unter drei Umständen freigesetzt werden: im Normalbetrieb, bei Störfällen und bei Unfällen.

(a) Im *Normalbetrieb,* dem bestimmungsgemäßen Betrieb (einschließlich der Betriebsstörungen ohne Sicherheitsbedeutung), sind definierte geringfügige Freisetzungsmengen einiger Isotope nicht zu vermeiden und daher gesetzlich zugelassen. Die freigesetzten flüssigen und gasförmigen radioaktiven Stoffe werden vor allem bei der Reinigung der Kühlkreisläufe oder bei der Belüftung des Sicherheitsbehälters freigesetzt.

(b) Bei *Störfällen,* d.h. sicherheitsrelevanten Störungen, die von der Anlage beherrscht werden und kontrolliert ablaufen, erlaubt die Betriebsgenehmigung höhere Abgabewerte als für den Normalbetrieb. Auch hier sind die Abgabemengen so eingegrenzt, daß, unabhängig von der Wetterlage, vom Verhalten der Bevölkerung und von sonstigen außerhalb des Kernkraftwerkes liegenden Einflüssen, die Bevölkerung nicht merklich gefährdet wird. Die beim Normalbetrieb unter Berücksichtigung der Störfälle entstehende mittlere Strahlenbelastung in der Umgebung (3 km-Radius) erreicht noch nicht einmal 1% der natürlichen Strahlenbelastung.

(c) *Unfälle* sind dadurch definiert, daß die Anlage unkontrolliert reagiert und nach Zeit und Menge ebenfalls unkontrolliert Radioaktivität freisetzt. Unfälle mit Schäden in der Umgebung müssen nach menschlichem Ermessen ausgeschlossen werden können. Allein bei solchen Unfällen kommt es auf die Bevölke-

rungsverteilung um das Kraftwerk, die Wetterbedingungen und das Verhalten der Bevölkerung unter Berücksichtigung von Notfallschutzmaßnahmen an. Das Restrisiko ist auf diese Weise so gering wie nur eben möglich zu halten.

5.2.1.3 Erfordernisse des Strahlenschutzes

Nach den Vorschriften des Atomgesetzes wird in einem umfangreichen, langwierigen und schwierigen atomrechtlichen Genehmigungsverfahren geprüft, ob für ein beantragtes Kernkraftwerk die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Schadensvorsorge getroffen ist. Der vom Atomgesetz abgesteckte Sicherheitsrahmen wird durch verschiedene Verordnungen, deren wichtigste die Strahlenschutzverordnung ist, und sonstige Vorschriften, insbesondere Sicherheitskriterien und sicherheitstechnische Regeln, ausgefüllt. Die Strahlenschutzverordnung enthält insbesondere die folgenden bereits genannten Grenzwerte, welche an keiner Stelle in der Umgebung eines Kernkraftwerkes überschritten werden dürfen:

	Bestimmungsgemäßer Betrieb
30 mrem/a	Ganzkörperdosis durch radioaktive Ableitungen in den Vorfluter (Fluß)
30 mrem/a	Ganzkörperdosis durch radioaktive Ableitungen in die Atmosphäre
90 mrem/a	Schilddrüsendosis über Ernährungsketten
	Störfälle
5 rem	Ganzkörperdosis
15 rem	Schilddrüsendosis

Darüber hinaus muß das allgemeine Strahlenschutzprinzip beachtet werden, jede Strahlenexposition, auch unterhalb der Grenzwerte, so gering wie möglich zu halten.

5.2.1.4 Die Sicherheitsbarrieren

Radioaktivität kann aus den Brennstoffen im Core eines Reaktors nur in die Umwelt gelangen, wenn nacheinander wenigstens fünf Sicherheitsbarrieren durchbrochen werden (vgl. Abb. 81):

1. Barriere: das Kristallgitter des Kernbrennstoffs, das den größten Teil der Spaltprodukte bindet;
2. Barriere: den Kernbrennstoff umschließende und gasdicht verschweißte Metallrohre (Hüllrohre);

1
2
3
4
5

1 Brennstoff-
matrix

2 Brennstoff-
hüllrohr

3 Reaktor-
druckgefäß

4 Sicherheits-
behälter

5 Stahlbetonhülle

Abb. 81: Aktivitätsbarrieren beim Druckwasserreaktor



Abb. 82: »Topfmodell« (Nach: SVA.)

3. Barriere: die Umschließung des Kühlmittels (Reaktordruckbehälter und Rohrleistungssystem);
4. Barriere: der stählerne Sicherheitsbehälter;
5. Barriere: die äußere Stahlbetonhülle mit abdichtender Stahlblechauskleidung.

Darüber hinaus vermindert eine dicke Stahlbetonhülle um den eigentlichen Reaktor, der biologische Schild, die Direktstrahlung.

Die Sicherheitsmaßnahmen sind darauf ausgerichtet, die Integrität der Barrieren bei allen Betriebszuständen und bei Störfällen zu gewährleisten. Erst beim Versagen *aller* Barrieren sind schädliche Auswirkungen auf die Umwelt möglich.

Das Barrierenkonzept läßt sich an dem Modell mehrerer ineinandergestellter Töpfe veranschaulichen (vgl. Abb. 82). Wird die Wahrscheinlichkeit, daß ein einzelner Topf undicht wird, mit 1:100 veranschlagt, so ergibt sich für sechs ineinander gesetzte Töpfe eine Wahrscheinlichkeit von 1:1 Billion ($1:100^6$). Mit einem Austritt der Flüssigkeit ist nämlich nur dann zu rechnen, wenn alle sechs Töpfe *zugleich* undicht werden.

5.2.1.5 Redundanz, Diversität und räumliche Trennung

Bei der Planung von Kernkraftwerken wird in der Form von Sicherheitsanalysen stets untersucht, ob die vorgesehenen technischen und organisatorischen Sicherheitsmaßnahmen den Sicherheits- und Strahlenschutzforderungen unter allen möglichen Bedingungen genügen. Im Mittelpunkt stehen dabei die *Auslegungsstörfälle,* das sind gedachte Störfälle, welche die Betriebs- und Sicherheitssysteme maximal belasten. Im Falle des Versagens von Betriebssystemen greift das Sicherheitssystem ein und sorgt für eine sichere Abschaltung des Reaktors. Dieses System muß dafür sorgen, daß Auslegungsstörfälle keine nachweisbaren gesundheitlichen Schädigungen für die Menschen in der Umgebung des Kernkraftwerkes verursachen.

Im übrigen unterliegen die Sicherheitseinrichtungen selbst strengsten Anforderungen in Bezug auf die Zuverlässigkeit. Dies wird erreicht durch eine Mehrzahl von parallel und unabhängig voneinander wirkenden Vorrichtungen, die jede für sich Störfälle oder deren Auswirkungen verhindern oder begrenzen können. Die Zuverlässigkeit wird im besonderen gesichert durch

- *Redundanz:* wichtige Einrichtungen der Sicherheitssysteme sind mehrfach vorhanden;

- *Diversität:* wichtige Einrichtungen der Sicherheitssysteme werden physikalisch oder technisch verschiedenartig ausgelegt;
- *räumliche Trennung:* wichtige Einrichtungen der Sicherheitssysteme werden räumlich voneinander getrennt.

Die Sicherheitssysteme werden optimal geprüft und gewartet, damit sie, wenn sie benötigt werden, nicht versagen.

5.2.1.6 Die drei Sicherheitsebenen

Die Sicherheit eines Kernkraftwerks wird im allgemeinen auf drei Ebenen verwirklicht:

Auf der *ersten* Ebene liegen die inhärenten Sicherheitseigenschaften. Die Konstruktion des Reaktorkerns und die Brennstoffeigenschaften schließen ein »Explodieren« nach dem physikalischen Wirkmechanismus einer Atombombe naturgesetzlich aus. Darüber hinaus haben die meisten Reaktortypen wenigstens in den normalen Betriebszuständen einen negativen Temperaturkoeffizienten, die Zahl der Spaltungen je Zeiteinheit verringert sich mit steigender Temperatur. Der Reaktor reguliert sich dadurch selbständig.

Auf der *zweiten* Ebene liegt die Qualitätssicherung. Werkstoffe, Komponenten und Systeme müssen strengen Anforderungen bei Planung, Fertigung, Montage und Betrieb genügen. Die Erfüllung der Qualitätsanforderungen wird durch umfangreiche begleitende Kontrollen sowie über die gesamte Lebenszeit der Anlage durchgeführte wiederkehrende Prüfungen nachgewiesen.

Die »Sicherheitssysteme« haben ihren Platz auf der *dritten* Ebene. Störfallsituationen werden von einem zentralen Reaktorschutzsystem erfaßt. Es aktiviert die geeigneten Sicherheitseinrichtungen, die für eine Eingrenzung des Störfalles sorgen.

5.2.1.7 Reaktorschutzsysteme im einzelnen

Die Sicherheit eines Reaktors wird vornehmlich durch fünf Systeme gewährleistet:

(1) Ein *Schnellabschaltsystem* sorgt dafür, daß sich ein Reaktor, bevor sein Betriebszustand gefährlich wird, automatisch selbst abschaltet. Dieses System funktioniert unabhängig von den übrigen Meß-, Steuer- und Regelanlagen. Gegen ein etwaiges Versagen ist das Reaktorschutzsystem, in dessen Rahmen die Schnellabschaltung gegebenenfalls ausgelöst wird, mehrfach dadurch gesichert, daß es sich ständig selbst auf Fehler prüft. Es ist zudem nach dem »failsafe-Prinzip« aufgebaut: Eine Störung

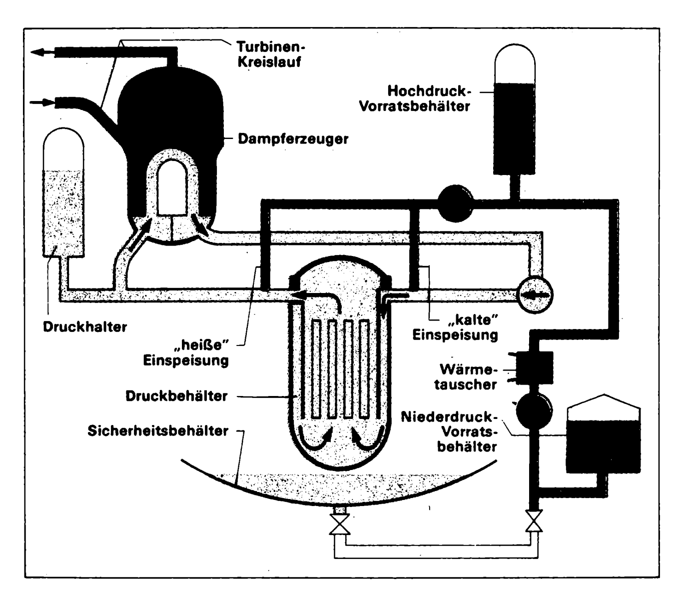


Abb. 83: Schematische Darstellung des Notkühlsystems für einen Druckwasserreaktor (nur eins von vier Systemen eingezeichnet) nach E. Münch (»Kernfragen«, KFA, Jülich)
Im Falle eines GaU's, des Bruches einer Hauptdampfleitung, wird das Kühlwasser einem Wasserbehälter entnommen und gelangt sowohl als »heiße« Einspeisung – oberhalb des Kerns – als auch als »kalte« Einspeisung – unterhalb des Kerns – an den Reaktorkern. Dadurch ist gewährleistet, daß es den Kern kühlt und nicht sofort wieder aus der Bruchstelle austritt.

im Reaktorschutzsystem hat stets ein sofortiges Abschalten des Reaktors zur Folge.

(2) Die *Not- und Nachkühlsysteme* (s. Abb. 83) sorgen dafür, daß in jedem Betriebszustand die in einem Reaktor vorhandene Wärme und die nach einem etwaigen Abschalten entstehende »Restwärme« abgeführt wird. Die Restwärme, die in einem Core nach Abbruch der Kettenreaktionen durch die in den Brennelementen enthaltenen Spaltprodukte frei wird, kann gleich nach dem Abschalten 5% der Gesamtleistung des Reaktors erreichen, klingt aber mit der Zeit ab (auf ca. 1% nach einem Tag). Bei Leichtwasser-Kraftwerken würde die Restwärme aber ausreichen, um das gesamte Core zu schmelzen.

Daraus hat sich in den Vereinigten Staaten die als »China-Syndrom«[26] bekanntgewordene Vorstellung entwickelt, die geschmolzene Kernmasse könne sich vermöge ihres spezifischen Gewichts und der Hitze, die sie ausstrahlt, in den Boden fressen, immer tiefer sinken und eine weittragende Verseuchung des Untergrunds herbeiführen. Heute weiß man, daß die Schmelze, deren Selbsterwärmung schnell nachläßt, wenige Meter nach Durchdringen des Betonbodens des Reaktors – falls es überhaupt dazu kommt – zum Stehen kommt.

Grundsätzlich sind stets mehrere voneinander unabhängige Not- und Nachkühlsysteme vorhanden. Bei Leichtwasser-Reaktoren gehören nach A. Halmy[27] zu einem solchen System:

- ein Wasserreservoir, in dem aufbereitetes Wasser für den Notkühlfall gespeichert wird;
- ein Sammler für das Reaktorkühlmittel, das bei einem Kühlmittelverlust-Störfall aus der Leckstelle tritt;
- eine Förderpumpe, die das Notkühlwasser aus dem Wasserreservoir über einen Wärmetauscher in den Reaktordruckbehälter einspeist;
- ein Wärmetauscher, der das Notkühlwasser kühlt und so die Wärme des aus dem Reaktordruckbehälter austretenden Kühlmittels an die Zwischen- und Nebenkühlsysteme abgibt, sowie
- Zwischen- und Neben-Kühlwassersysteme als letzte Glieder in der Nachwärmeabfuhrkette, die bewirken, daß die Wärme aus dem Reaktordruckbehälter an die Umgebung (z. B. über Kühltürme) abgegeben wird. Die Unterteilung der Nachwärmeabfuhrkette in einzelne Glieder verhindert, daß radioaktive Stoffe aus dem Reaktorkühlmittel in die Umgebung gelangen können.

(3) Die *Sicherheitsumhüllungen* (vgl. Abb. 81) sorgen dafür, daß etwa freigesetzte Radioaktivität nicht nach außen dringen kann, und schützen gegen radioaktive Strahlen. Diesem Zweck dienen neben den Hüllen der Brennelemente und dem Reaktordruckgefäß eine Sicherheitshülle aus Stahl oder vorgespanntem Beton – der druckfeste und gasdichte äußere Sicherheitsbehälter

[26] »China-Syndrom«, weil China nach einer in Amerika weit verbreiteten Meinung auf der den USA entgegengesetzten Seite der Erdkugel liegt, d. h. gerade dort, wohin die Kernmasse schließlich gelangen würde. Dieses Fehlverständnis hat den Erfolg des Thrillers »Das Chinasyndrom« mit Jane Fonda keineswegs beeinträchtigt.

[27] A. Halmy, Das Reaktor-Notkühlsystem. atomwirtschaft, Kernenergie und Umwelt, Juli 1973, S. II.

– sowie Durchdringungsabschlußsysteme, die die durch diese Hüllen führenden Leitungen absperren. Der Sicherheitsbehälter ist die äußerste der Sicherheitsumhüllungen. Er ist so angelegt, daß er dem Druck und der Temperatur widerstehen kann, die bei einem Rohrleitungsbruch im Kühlmittelkreislauf durch das Ausströmen großer Kühlmittelmengen im Inneren des Sicherheitsbehälters entstehen. Ebenso wie der gesamte Primärkreislauf wird der Sicherheitsbehälter regelmäßig geprüft.

(4) Das *Notstromsystem* sorgt dafür, daß bei totalem Ausfall der normalen Stromversorgung der Reaktor sicher abgefahren und nachgekühlt werden kann.

(5) *Reinigungs- und Filteranlagen* sorgen dafür, daß radioaktive Stoffe von einem Austritt in das Wasser oder die Atmosphäre zurückgehalten werden. In diese Anlagen sind Verzögerungsstrecken eingebaut, die gefährliche Spaltprodukte, insbesondere Edelgase, so lange zurückhalten, bis die Aktivität hinreichend abgeklungen ist. Die radioaktiven Abwässer werden in

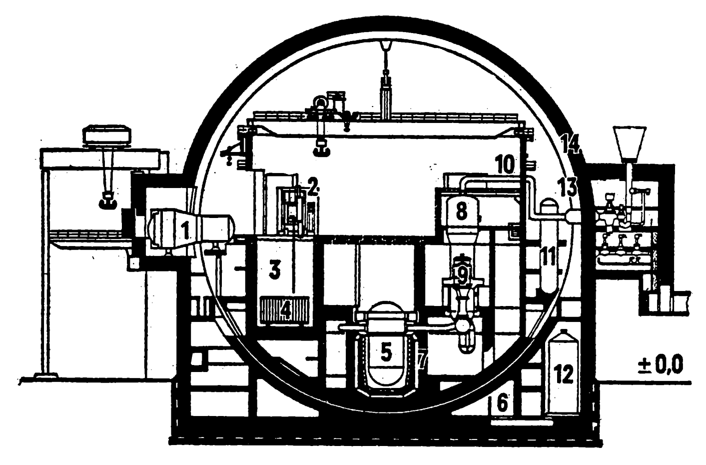


Abb. 84 Sicherheitseinrichtungen eines Druckwasserreaktors (nach KWU)

1 Personenschleuse
2 Lademaschine
3 u. 4 Brennelementbecken
5 *Reaktordruckbehälter*
6 Nachkühlpumpe
7 *biologischer Schild*
8 Dampferzeuger
9 Hauptumwälzpumpe
10 Frischdampfleitung
11 Druckspeicher
12 Borwasserbehälter
13 *Sicherheitshülle*
14 *Stahlbetonhülle*

einer Verdampfungsphase gereinigt oder mit zurückströmendem Kühlwasser derart gemischt, daß das austretende Kühlwasser Trinkwasserqualität besitzt. Bei Störfällen wird das Containment unverzüglich geschlossen.

Die vorstehend beschriebenen Systeme funktionieren jedenfalls dann automatisch, wenn sie bei Störfällen schnell gestartet werden müssen. Die Steuerung dieser Systeme wirkt auf drei Ebenen:

- der Instrumentierungsebene, die die Störfelder erkennt,
- der Logikebene, die die von der Instrumentierung gegebenen Signale verarbeitet, und
- der Betätigungsebene, die die Sicherungsmaßnahmen auslöst.

Abb. 84 zeigt einige sicherheitstechnische Einrichtungen für einen Druckwasserreaktor.

5.2.1.8 Einwirkungen von außen

Kernkraftwerke sind nicht nur gegen interne Störungen, sondern auch gegen äußere Einflüsse geschützt: Erdbeben, Flugzeugabsturz, Explosionsdruckwellen, Hochwasser, Einwirkungen Dritter usw. Die Sicherheitsmaßnahmen sind bautechnischer und administrativ-organisatorischer Art. Sie bestimmen Gebäudeform, Gebäudekonstruktion und Wanddicken sowie Organisation und Stärke des Sicherungspersonals. Die sichtbarste Maßnahme ist die ca. 2 m dicke äußere Stahlbetonhülle, die einen umfassenden Schutz des nuklearen Bereiches vor äußeren Einflüssen bietet.

Bei den Genehmigungsverfahren für Kernenergieanlagen sind vornehmlich vier Einwirkungen von außen Gegenstand von Sicherheitsüberlegungen, die Katastrophen ausschließen sollen: Erdbeben, Wassereinbrüche, chemische Explosionen und Flugzeugabstürze.

(1) Kernenergieanlagen müssen hinsichtlich der Sicherheit der Bauten und Anlagenteile entsprechend den gutachtlich ermittelten, denkbar größten *Erdbebenstärken* an dem betreffenden Standort ausgelegt werden. Es muß zudem sichergestellt sein, daß ein Kernkraftwerk auch noch bei der höchsten jemals an dem Standort registrierten Erdbebenstärke Elektrizität liefern kann. Bei der Auslegung von Kernkraftwerken im Oberrheingebiet spielt ein 1356 in Basel registriertes Erdbeben eine besondere Rolle, das eine Magnitude M_m von 6,5° nach der Richterskala erreichte.

(2) Kernenergieanlagen müssen auch bei einem Wasserspie-

gel, der dem bisher festgestellten *Höchstwasser* entspricht, betrieben werden können. Bei Gefahr eines noch höheren Wasserstandes ist die Anlage abzufahren. Durch eine Auslegung, die sich auf eine Untersuchung der Geologie des Baugrundes und der Grundwasserverhältnisse stützt, wird nach dem Stande des Wissens und der Technik auch eine Gefährdung durch Grundwasser ausgeschlossen.

(3) Kernenergieanlagen sind so auszulegen, daß sie Druckwellen aushalten können, die durch etwaige *chemische Explosionen* in der Umgebung ausgelöst werden. Bei den Auseinandersetzungen über die Sicherheitskriterien der Kernkraftwerke hat lange Zeit der »Fliegende Holländer« eine Rolle gespielt: ein Flüssiggas-Transporter, der just in der Höhe des an einem Flusse (z.B. an der Unterelbe) gelegenen Kernkraftwerks infolge eines Unfalls seinen Inhalt in Form einer Gaswolke freisetzt, die sich über das Kernkraftwerk verlagert und explodiert. Die vorgeschriebene Auslegung der Kernkraftwerke schützt gegen eine solche Explosion. Was geschehen könnte, wenn eine solche Explosion sich an einem anderen Ort ereignen würde, liegt außerhalb des Diskussionsrahmens für die Kernenergiesicherheit.

(4) Auch der unwahrscheinliche Fall des *Absturzes eines Flugzeuges* auf eine Reaktoranlage wird in die Sicherheitsüberlegungen einbezogen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß nicht schon das Durchschlagen des Sicherheitsbehälters zu schwerwiegenden Folgen führt, sondern erst ein Durchschlagen der inneren Abschirmung der Primärdruck führenden Komponenten. Trotzdem wird in modernen Kernkraftwerken die Betonkonstruktion um den Sicherheitsbehälter, die auch der Strahlenabschirmung im Unfalle dient, so bemessen, daß sie dem senkrechten Aufprall des Flugzeuges mit der höchsten Aufprallenergie widerstehen kann. Diese Betonkonstruktion hat bei Berücksichtigung heutiger Verhältnisse Wandstärken von etwa zwei Metern.

Bezogen auf eine sicherheitstechnisch relevante Kraftwerksfläche von 10000 m^2 wurden für das Bundesgebiet die folgenden Absturzhäufigkeiten errechnet (1 kN = 1000 mkg sec^{-2}).

- Zivilflugzeuge auf Flugverkehrsstrecken
  (mit einem Startgewicht über 200 kN): einmal in 50 Mrd. Jahren
- Zivilflugzeuge im freien Flugverkehr
  (mit einem Startgewicht unter 200 kN): einmal in 1,1 Mio Jahren

• schnell fliegende Militärflugzeuge: einmal in 1 Mio Jahren

Wohlgemerkt, die Wahrscheinlichkeiten für ein schwerwiegend folgenreiches Durchschlagen des Sicherheitsbehälters liegen um mehrere Größenordnungen darunter.

Die durch Sabotagen oder durch kriegerische Auseinandersetzungen ausgelösten Sicherheitsprobleme werden an anderer Stelle behandelt.

5.2.2 Störfälle/Unfälle[28]

5.2.2.1 Die frühen Unfälle

In der Geschichte der Kernenergieentwicklung haben insbesondere vier Unfälle in Versuchsanlagen und ein in einem Versuchs-Kernkraftwerk eingetretener Unfall Aufsehen erregt. Drei hiervon haben zu Kontaminationen geführt.

(1) Am 8. Oktober 1957 führte eine Überhitzung des 1950 in Betrieb genommenen Reaktors in *Windscale*/Großbritannien zum Austritt von Jod 131 in die Atmosphäre. Dadurch wurde eine Radioaktivität von 20000 Curie frei. 3 Mio Liter Milch waren verdorben. Personen kamen aber nicht zu Schaden. Der betroffene Reaktor diente zur Erzeugung von Plutonium für militärische Zwecke. Er hatte einen offenen Kreislauf. Die im Reaktor anfallende Wärme wurde direkt an die Atmosphäre abgegeben. Der Unfall entstand durch eine Überhitzung des Graphits, die zu einem Brand und zu einer Beschädigung von Brennelementhüllen führte. Die Strahlenbelastung der Umgebung lag unter den Werten gemäß den Richtlinien der ICRP (International Commission on Radiological Protection).

(2) Im Jahre 1958 führte ein kritisches Experiment in einer Versuchseinrichtung in *Vinca*/Jugoslawien zum Strahlenaustritt. Da die Sicherheitsabschaltung stillgelegt war und der Schwerwasserzufluß nicht kontrolliert wurde, ist das kritische Niveau überschritten worden. Acht im Laboratorium beschäftigte Personen erlitten Strahlenschäden, in einem Fall mit tödli-

[28] Nach der amtlichen, von der Deutschen Risikostudie (a.a.O., S. 40) übernommenen Definition sind *Störfälle* sicherheitsrelevante Störungen, die von der Anlage beherrscht werden und kontrolliert ablaufen – vom kleinsten Störfall bis zum GaU. *Unfälle* sind – denkbare – Ereignisabläufe jenseits der sicherheitsmäßigen Auslegung. In diesem und den folgenden Abschnitten werden übereinstimmend mit dem Sprachgebrauch auch schwere Störfälle als Unfälle bezeichnet.

chem Ausgang. Auch dieser Unfall ist auf grob fahrlässiges Verhalten zurückzuführen. Die Sicherheitsvorschriften waren unzureichend. Sie wurden zudem nicht beachtet.

(3) Am 3. Januar 1961 kam es bei Überholungsarbeiten zu einem Strahlenaustritt bei dem für die amerikanische Armee betriebenen Reaktor SL 1 in *Idaho*/USA. Es handelte sich um einen transportablen Reaktor mit einer Leistung von 300 kW, der keineswegs den damals angewandten Sicherheitsstandards für die ersten zivilen Kernkraftwerke entsprach. Das Containment bestand aus einem undichten Wellblechgehäuse. Unfallursache war unsachgemäßes Arbeiten. Die drei mit diesen Arbeiten beauftragten Soldaten sind diesem Unfall zum Opfer gefallen. Dabei wirkte sich gefährdend aus, daß sämtliche Meß- und Sicherheitseinrichtungen des Reaktors ausgeschaltet waren. Die Reaktorwarte war nicht besetzt.

(4) Am 21. Januar 1969 führte ein Schaden an einem Graphitrohr in dem kleinen, mit Schwerwasser moderierten und Kohlendioxyd gekühlten Reaktor in *Lucenz*/Schweiz zu einer örtlichen Überhitzung und zum Bruch eines Rohres. Da der Reaktor in eine Kaverne eingebaut war, deren Ventilationsklappen automatisch schlossen, konnten die freiwerdenden Spaltprodukte nicht in die Atmosphäre gelangen. Das Kühlgas wurde vier Tage später über Filter kontrolliert abgelassen. Daher sind Schäden außerhalb der Reaktoranlage nicht aufgetreten. Es handelt sich hier um einen typischen Reaktorunfall, der trotz der damaligen noch nicht so strengen Sicherheitsmaßnahmen ohne Folgen geblieben ist. Auch bei einer oberirdischen Bauweise wären keine Folgen eingetreten. Die im November 1979 nach mehr als 10 Jahren abgeschlossene Untersuchung bestätigte die Erklärung des Eidgenössischen Verkehrs- und Energiedepartments (EVED) vom 22. Januar 1969, daß die Sicherheitsmaßnahmen wie vorgesehen funktionierten und für die Bevölkerung keinerlei Gefahr bestand. Die Strahlendosen lagen jeweils erheblich unter den zugelassenen Grenzwerten.

Alle vier zitierten Unfälle sind in Versuchsanlagen aufgetreten, an die wesentlich geringere Sicherheitsanforderungen gestellt wurden und auch heute noch gestellt werden, als dies bei Kernkraftwerken der Fall ist.

5.2.2.2 Gundremmingen im November 1975

Nach einer Mitteilung der RWE-Hauptverwaltung in Essen kam es »im Kernkraftwerk *Gundremmingen* am 19. November

1975, 10.45 Uhr, bei Reparaturarbeiten zu einem Unfall, der zwei Todesopfer forderte. Das Kernkraftwerk war zu dieser Zeit planmäßig seit 7.00 Uhr für ca. 12 Stunden außer Betrieb.

Bei Arbeiten an der Dichtung eines Schiebers im Hilfssystem innerhalb des Reaktorgebäudes trat plötzlich eine begrenzte Menge heißen Dampfes aus. Durch die Hitzeeinwirkung wurde ein Schlosser (Otto Huber aus Lauingen/Donau) sofort getötet, ein weiterer (Josef Ziegelmüller, ebenfalls aus Lauingen) schwer verletzt. Er ist in einem Ludwigshafener Krankenhaus seinen Verletzungen erlegen.

Die beiden Schlosser waren beauftragt, eine Stopfbuchse neu zu verpacken. Das ist die Abdichtung einer Spindeldurchführung durch das Gehäuse einer Absperrarmatur. Sie lösten zunächst einige Schrauben des Dichtungsdeckels, und als sie feststellten, daß kein Dampf austrat, nahmen sie an, das Schiebergehäuse sei drucklos, und entfernten den Dichtungsdeckel. Danach muß sich die Dichtung plötzlich gelöst haben, so daß sich aus dem Gehäuse unter Druck stehendes heißes Wasser (60 atü und 270° C) unter starker Dampfbildung entspannte. Der schwerverletzte Schlosser konnte mit Hilfe eines Kollegen das Reaktorgebäude verlassen. Bei den Verunglückten handelte es sich um erfahrenes Kernkraftwerkspersonal.

Die Unfallursache und der Unfallablauf standen in keinem Zusammenhang mit der geringen Radioaktivität des ausströmenden Dampfes. Zwar stieg die Radioaktivität im Gebäude an, doch die nach der Strahlenschutzverordnung und der Betriebsgenehmigung zugelassenen Grenzwerte wurden nicht erreicht. Die Anlagenräume waren jederzeit ohne Atemschutz begehbar. Es ergab sich zu keiner Zeit eine Gefahr für das Betriebspersonal. Eine Erhöhung der Radioaktivität der Reaktorgebäude-Abluft war im Rahmen der Meßgenauigkeit nicht feststellbar, so daß sich außerhalb des Reaktorgebäudes keinerlei Auswirkungen des Unfalls zeigten.

Unfälle dieser Art können grundsätzlich in jedem Kraftwerk auftreten. Sie sind nicht typisch für ein Kernkraftwerk. Nach Durchführung der Reparaturen steht aus betrieblichem Grunde einem Wiederanfahren des Reaktors nichts mehr im Wege.«

Wie nicht anders zu erwarten war, hat dieser Unfall zu einer Kontroverse geführt. Als Ergebnis kann folgendes festgehalten werden:

- Die Tatsache, daß der ausströmende Heißdampf, der die schweren Verwundungen herbeigeführt hat, radioaktiv war,

spielte für den Verlauf und die Folgen des Unfalls keine Rolle. Die tödlich Verletzten haben Strahlendosen unter 40 mrem erhalten.

- Es ist weder im Abluftkamin noch in der Umgebung der Anlage eine erhöhte Radioaktivität festgestellt worden. Im Reaktorgebäude war der Pegel nur kurzfristig erhöht, ohne die zulässigen Höchstwerte zu überschreiten.
- Es ist notwendig, die Beachtung der Sicherheitsvorschriften im Falle von Reparaturen an einem abgestellten Kraftwerk besser zu gewährleisten.

Das Landgericht Memmingen stellt in seinem Urteil vom 11. Juli 1976 fest, das Verhalten des Schichtführers als Vorgesetztem der beiden tödlich Verunglückten war ursächlich für den Unfall. Hätte er die notwendigen Vorkehrungen getroffen, so wäre nichts passiert. Im Hinblick auf das »Gefährdungspotential des Kernkraftwerks« sei seine Pflichtverletzung recht erheblich gewesen. Wegen fahrlässiger Tötung in zwei Fällen wurde der Schichtführer daher zu zwei Jahren Freiheitsentzug verurteilt. Die übrigen sieben Angeklagten, darunter der technische Leiter des Kernkraftwerks, hätten im Zeitpunkt des Unglücks keine Veranlassung gehabt, über die geltenden Richtlinien hinaus Sicherheitsvorkehrungen einzuleiten. Sie wurden daher freigesprochen. Der Bundesgerichtshof (BGH) hob dieses Urteil 1977 wegen ungenügender Klärung der technischen Zusammenhänge auf. In dem daraufhin anberaumten zweiten Strafprozeß sprach das Landgericht Augsburg am 10. Dezember 1978 auch den Schichtführer frei.

5.2.2.3 »Störfälle« im allgemeinen

Von den erwähnten Unfällen in Versuchsanlagen und im Kernkraftwerk Grundremmingen sind die *Störfälle* in Kernkraftwerken zu unterscheiden, die vielfach ein Abschalten erforderlich machten.

Die überwiegende Zahl der Störfälle, die bei Leichtwasser-Reaktoren, nicht zuletzt in der Bundesrepublik, registriert wurden, sind durch Schäden an konventionellen Anlageteilen hervorgerufen worden. Es sind aber auch schon Schäden an Primärkomponenten aufgetreten. Insbesondere zu erwähnen sind die Vibrationen des thermischen Schildes bei Druckwasser-Reaktoren im April 1967 in Trino Vercellese/Italien (drei Jahre abgeschaltet) und im Januar 1968 in Chooz/Ardennen (zwei Jahre abgeschaltet). Die 1968 beim Kernkraftwerk Gundrem-

mingen aufgetretenen mehrfachen Schäden an den Turbinenschaufeln und der Brand der hydraulischen Turbinensteuerung des Kernkraftwerks Lingen (Stillegung zwischen dem 6. Mai 1972 und 23. Januar 1973) zeigten, daß die nichtnuklearen Komponenten nur unzureichend an die Bedingungen angepaßt waren, unter welchen Leichtwasser-Reaktoren Dampf erzeugen. Diese Schäden führten zu längeren Stillständen und waren nicht ohne nachteiligen Einfluß auf das Vertrauen in die Kernenergieentwicklung. Schäden dieses Typs treten in den letzten Jahren weniger häufig auf. Daß sich danach die »Arbeitsverfügbarkeit« der Leichtwasser-Kraftwerke nicht entsprechend erhöht hat, liegt an den verlängerten Stillstandszeiten als Folge verschärfter Genehmigungsauflagen.

Sicherheitsrelevante Vorkommnisse bei Kernkraftwerken sind der zuständigen Aufsichtsbehörde zu melden. Auf dieser Grundlage gab das Bundesministerium des Inneren (BMI) im Juli 1978 eine Liste mit insgesamt 150 seit 1965 aufgetretenen Störfällen bekannt. Nicht gerechnet wurden Ereignisse, die für den Betriebsablauf charakteristisch sind, z.B. Leckagen an Dichtungen oder Stopfbuchsen von druckführenden Systemen. Nach der Menge der Störfälle führt das Kernkraftwerk Würgassen (siehe weiter unten) die Liste an. Dort wurden sieben technische Pannen gezählt, die zu monatelangem Abschalten zwangen. Je fünf Störfälle traten in Gundremmingen, in Lingen (siehe weiter unten) sowie im Block Biblis A auf. Schwierigkeiten gab es auch in Obrigheim, in Stade sowie in Brunsbüttel, wo am 18. Juni 1978 infolge eines Bedienungsfehlers radioaktiver Dampf austrat (siehe weiter unten). Nach Darstellung des BMI konnten alle seit 1965 gemeldeten Schäden in den Kernkraftwerken durch Einsatz der sicherheitstechnischen Einrichtungen sowie durch Maßnahmen des Bedienungspersonals sicher beherrscht werden.

Für die Jahre 1977 und 1978 veröffentlichte das BMI Übersichten über insgesamt 324 »besondere Vorkommnisse« in Kernkraftwerken[28a] (vgl. atomwirtschaft Nr. 12/79), die vor al-

[28a] Für 1979 wurden 218 und für 1980 198 »besondere Vorkommnisse« gemeldet. Wie der Bundesminister des Inneren Gerhart Baum dazu am 11. August 1981 mitteilte, hätten sich diese Vorkommnisse innerhalb des Rahmens gehalten, der sich in den voraufgehenden Jahren abgezeichnet habe. Alle Störungen seien unverzüglich gemeldet worden. In keinem Fall seien durch diese Störungen Beschäftigte oder die Umwelt geschädigt worden. Dies sei ein Beweis für den Sicherheitsstandard der deutschen Kernkraftwerke und für die Wirksamkeit der behördlichen Auflagen und der Überwachung.

lem betrafen: das Notstromsystem (17%), das Frischdampf- und Speisewassersystem (11%), das Not- und Nachkühlsystem (9%), den Reaktorschutz (6%), das Abschaltsystem (7%), das Reaktorkühlsystem (8%), die gesicherte Stromversorgung (4%), den Reaktordruckbehälter und dessen Einbauten (3%), sowie die Turbine und den Generator (5%). Das BMI bemerkt dazu, daß der weit überwiegende Teil der Vorkommnisse auf technische Mängel zurückzuführen war, nur bei einem Teil spielten administrative Schwächen oder menschliche Fehler eine Rolle. Wie das BMI mitteilte, wurden für das Jahr 1979 insgesamt 218 besondere Vorkommnisse gemeldet, von denen sich 56% im Leistungsbetrieb, 5% beim An- oder Abfahren und 39% im abgeschalteten oder nichtbeladenen Zustand des Reaktors ereigneten. Verglichen mit 5 bzw. 6 in den beiden Vorjahren war nur ein einziges Vorkommnis sicherheitstechnisch relevant[28b].

Aus allen diesen Störfällen läßt sich die Erkenntnis ableiten, daß die für sehr viel schwerwiegendere Störungen ausgelegten Sicherheitssysteme funktioniert haben, Unfälle verhütet und den Schaden auf einen Teil des Kernkraftwerks selbst begrenzt haben. Zum Teil offenbarten diese Störfälle aber auch Schwächen von Teilsystemen und boten Gelegenheit, diese Fehler zu beseitigen und bei anderen und künftigen Anlagen zu vermeiden.

In diesem Zusammenhang sei auch hingewiesen auf den Brand am 11. Mai 1979 um 2.20 h im Physik-Institut der Technischen Universität München im Garchinger Forschungszentrum, der von den Medien – völlig zu Unrecht – als Vorkommnis bezeichnet wurde, das den etwa 100 m entfernt liegenden Swimming-Pool-Forschungsreaktor FRM, das »Atom Ei«, betraf. Das ZDF rückte um 19 h den Brand in die Nähe von Harrisburg. ARD sprach eine Stunde später von einer gerade noch abgewendeten Katastrophe. Daß Massenmedien, wie in diesem Fall, bei nur geringer journalistischer Sorgfalt vermeidbare Falschmeldungen in einem ohnehin sensibilisierten Klima verbreiten, vermindert die ohnehin begrenzten Chancen für eine vorurteilsfreie Diskussion des Für und Wider der Kernenergie.

[28b] Vgl. dazu O. Kellermann, Betriebserfahrungen als Mittel zur Verbesserung der Reaktorsicherheit. atomwirtschaft 10/1980, S. 421.

5.2.2.4 Lingen und Würgassen

Folgenschwer waren Störfälle bei den Kernkraftwerken Lingen und Würgassen, von denen zwei zu – allerdings geringen – Kontaminationen der Umgebung führten.

(1) Bei einer Betriebsstörung am 1. August 1969 im Kernkraftwerk *Lingen* trat während acht Stunden radioaktives Abwasser in das zur Ems abgeführte Kühlwasser. Die radioaktive Konzentration des Emswassers erreichte aber nicht entfernt die in der ersten Strahlenschutzverordnung bestimmten Höchstwerte, so daß weder für die Wassernutzer noch für die Lebewelt im Fluß zu irgendeiner Zeit eine Gefahr bestand.

(2) Beim Kernkraftwerk *Würgassen* traten zwei ernsthafte Störfälle auf. Während der planmäßigen Inbetriebnahme öffnete sich unbeabsichtigt am 12. April 1972 ein Entlastungsventil, so daß Dampf aus dem Reaktordruckgefäß ausströmte und sich in der Kondensationskammer niederschlug. In der Folge verursachten Druckpulsationen ein Leck im Kondensationskammerboden. Kühlwasser lief in den unteren Teil des Sicherheitseinschlusses, verließ diesen aber nicht. Personenschäden traten nicht auf, zumal Radioaktivität weder in den Betriebsräumen noch nach außen freigesetzt wurde.

In dem gleichen Kraftwerk wurde am 25. Februar 1973 eine Undichtigkeit an einer Primärleitung innerhalb des Sicherheitsbehälters festgestellt. Ursache war ein Riß in einer Verbindungsschweißnaht zwischen einer Frischdampf- und einer Entlastungsleitung. Das Kernkraftwerk mußte deshalb bis zum 12. Juli 1973 abgeschaltet werden[29]. Eine Kontamination trat nicht ein. Der für die Fragen der Reaktorsicherheit damals zuständige Bundesminister des Inneren, H. D. Genscher, schrieb zu diesem Störfall an den Vorsitzenden des Innenpolitischen Ausschusses des Deutschen Bundestages, F. Schäfer: »... Die Bedeutung des Vorfalls liegt insbesondere darin, daß der aufgetretene Schaden seiner Art und dem Umfang nach unter Umständen einem möglichen Ansatz zum totalen Abreißen nahekommt. Ein solches Abreißen entspricht in der Tat dem größtmöglichen anzunehmenden Unfall (GaU), für den die Sicherheitseinrichtungen des Siedewasser-Reaktors einschließlich des

[29] Auch in der Folgezeit traten an diesem Kernkraftwerk mehrere Störungen auf: am 17. Juli 1973 eine Störung in der Kondensatreinigung und am 10. Februar 1974 Schwingungen an der Welle eines Niederdruckläufers. Eine erhebliche Verzögerung der definitiven Inbetriebnahme und der Übergabe an den Betreiber (erst am 11. November 1975) war die Folge.

Sicherheitseinschlusses zur Zurückhaltung radioaktiver Spaltprodukte – gerade noch – ausgelegt sind.« In Beantwortung einer Frage des Abgeordneten C. Lenzer stellt hierzu W. Maihofer, der Nachfolger im Amt des Bundesministers des Innern, im Oktober 1974 fest, das Schreiben des Ministers Genscher enthalte eine in der Öffentlichkeit häufig mißverstandene Wertung. Die im Kernkraftwerk Würgassen aufgetretenen Schäden hätten selbst bei pessimistischen Annahmen über einen alternativen Störfallablauf allenfalls zu dem Bruch einer Hauptfrischdampfleitung führen können, ein Störfall, der der Kategorie des größten anzunehmenden Unfalls zuzurechnen ist. Die Anlage sei gegen Störfälle dieser Art gerade noch ausgelegt. Der tatsächliche Störfallverlauf am 25. Februar 1973 war aber weit von einem solchen Kühlmittelverlust entfernt, insbesondere wurde niemand verletzt, auch wurden radioaktive Stoffe nicht freigesetzt.«

Insbesondere veranlaßt durch die im Niedersächsischen Ärzteblatt abgedruckte Behauptung von Professor Höll, bei einem GaU bestünde Gefahr für die Bevölkerung, die Evakuierungsmaßnahmen erfordere, wurde in der Antwort des Bundesinnenministers zugleich klargestellt, daß selbst bei dem extrem unwahrscheinlichen Eintritt eines Auslegungsstörfalls eine Evakuierung oder Isolierung der in der Kraftwerksumgebung befindlichen Personen nicht erforderlich sei. Damit wird bestätigt, daß auch ein GaU die Umgebung eines Kraftwerks nicht belastet.

5.2.2.5. Brunsbüttel am 18. Juni 1978

Am 18. Juni 1978 um 20.30 h ereignete sich in dem Siedewasser-Kernkraftwerk Brunsbüttel (KKB) ein Störfall, in dessen Verlauf etwa 145 t leicht kontaminierter Frischdampf in das Maschinenhaus und zu einem Teil über den Kamin und die Druckentlastungsklappen nach außen abgegeben wurden. Insgesamt wurden dabei etwa 250 Curie (Ci) Radioaktivität freigesetzt, überwiegend in das Maschinenhaus und nicht ins Freie. Strahlengefahr hat niemals bestanden. Erlaubt waren 1920 Ci/d und insgesamt 70000 Ci/d. Wegen eines Eingriffs in das Reaktorschutzsystem und wegen der Nichtbeachtung einzelner Betriebsvorschriften fand dieser Störfall besondere Aufmerksamkeit und ein ungewöhnliches Echo in den Medien.

Zum Ablauf des Störfalls wurde mitgeteilt, daß der Schichtleiter die Dampfleckage an der starken Geräuschentwicklung

und dem geringen Leistungsabfall erkannte. Der alarmierte Bereitschaftsdienst beobachtete beim Eintreffen Dampfschwaden aus dem Abluftkamin. Da die Meßgeräte am Abluftkamin keine Radioaktivität anzeigten, war das Betriebspersonal bestrebt, eine automatische Abschaltung des Reaktors zu vermeiden, um die Lecksuche bei ausströmendem Dampf vornehmen zu können und die bei einer Schnellabschaltung zwangsläufig auftretende erhöhte Radioaktivitätsfreisetzung zu verhindern. Deshalb wurde die beim Signal »Erhöhung des Maschinenhausdrucks« zur Beherrschung mittlerer Leckagen gegebene Schutzanregung »Isolationsabschluß des Frischdampfes« mit der Wirkung einer Schnellabschaltung der Anlage (die, um kleinere Leckagen noch schnell auffinden zu können, um 5 Minuten verzögert ausgelöst wird) vom Schichtleiter überbrückt und unwirksam gemacht. Dies geschah, obwohl ein solcher Eingriff in den Reaktorschutz nach den Genehmigungsauflagen für das KKB nicht zulässig ist. Da die Lecksuche unter Vollschutz im unteren Teil des von dichtem Dampf erfüllten Maschinenhauses keine Identifizierung des Lecks erbrachte, wurde die Turbinenleistung nach ca. 67 Minuten abgesenkt, wobei ein Nachlassen des ausströmenden Dampfes festgestellt wurde. Um 23.11 h schaltete sich dann der Reaktor automatisch ab. Zugleich wurde durch den Frischdampf-Isolationsabschluß die Leckstelle abgesperrt und die Dampfausströmung beendet. Der Betreiber hat Schichtleiter und stellv. Betriebsleiter inzwischen von ihren Funktionen entbunden.

In der Diskussion dieses Störfalls war man darüber verwundert, daß während der Verzögerungszeit zwischen einer Signalanregung und der Auslösung der Schutzaktion das Betriebspersonal in den Reaktorschutz eingreifen kann. Dabei ist aber der außergewöhnliche Rangunterschied zwischen dem zur Diskussion stehenden Reaktorschutzkriterium »Maschinenhausdruck hoch« und den entsprechenden Kriterien zur Überwachung des »Primärkreisdruckes« zu beachten. Dieser Rangunterschied erklärt, warum die Betriebsanweisung vorschreibt, die Echtheit der Meldung »Maschinenhausdruck hoch« festzustellen und die Anlage gegebenenfalls innerhalb von fünf Minuten abzustellen. Im ersten Fall wird im Millibar-Bereich der Luftdruck im Maschinenhaus gemessen, das ca. 65 000 m³ freies Volumen für die Aufnahme von Dampfleckagen bereithält und somit Zeit für Gegenmaßnahmen läßt. Im zweiten Fall ist dagegen die Integrität der druckführenden Umschließung und des Kernes unmit-

telbar und kurzzeitig gefährdet. Es stünde somit keine Zeit für eine Wertung durch das Bedienungspersonal zur Verfügung. Bei der Beurteilung sollte auch berücksichtigt werden, daß von den rund 90 Kriterien, die eine unverzügliche oder schnelle Abschaltung des Reaktors auslösen, nur ein einziges, nämlich das Kriterium »Maschinenhausdruck zu hoch«, unwirksam gemacht wurde. Eine Ausweitung dieses Störfalles oder ein weiterer denkbarer Störfall hätte in jedem Fall zu einer automatischen Schnellabschaltung geführt. Wie dem auch sei, weder ein Auslegungsmangel noch Unterschiede in der Rangordnung der Schutzkriterien autorisieren das Betriebspersonal oder dürften es autorisieren, solche Kriterien außer Wirkung zu setzen.

In der Folge des Störfalls am 18. Juni 1978 blieb das Kernkraftwerk mehr als 26 Monate außer Betrieb, zu einem Teil bedingt durch die Untersuchung der Ursachen, die Behebung der Störfallfolgen und die von den Genehmigungsbehörden geforderten Verbesserungen der Sicherheit und der Technik, zum anderen Teil aber auch dadurch verursacht, daß sich das Bundesinnenministerium sehr viel Zeit ließ, um die bereits am 23. Januar 1980, d.h. nach 19 Monaten, getroffene Feststellung der Reaktorsicherheitskommission, »gegen die Wiederinbetriebnahme des Kernkraftwerks (bestünden) keine sicherheitstechnischen Bedenken«, in eine Weisung an das Schleswig-Holsteinische Sozialministerium umzusetzen. Dazu sei bemerkt, daß jeder Monat Verzögerung 15 Mio DM Verluste verursacht hat, zu welchen Zusatzkosten für die Verbesserung und die Generalüberholung in Höhe von 290 Mio DM hinzukommen.

5.2.2.6 Haarrisse und Kabelbrandgefahren in den USA

Zwei Ereignisse in den USA sind wegen ihrer Auswirkungen auf die europäische Reaktorsicherheitsphilosophie von besonderem Interesse:

Im September 1974 und Januar 1975 sind bei Routineuntersuchungen in 3 von 23 amerikanischen Siedewasser-Reaktoren Haarrisse in Rohrleitungen der Notkühlsysteme festgestellt worden, verursacht durch die verwendeten *un*stabilisierten 18 Cr/Ni-Stähle. Das veranlaßte die amerikanische Nuclear Regulatory Commission, die vorübergehende, inzwischen beendete Stillegung aller 23 Siedewasserreaktoren anzuordnen, ein Vorgang, der seinerzeit viel Aufsehen erregte. In der Bundesrepublik werden Nb- bzw. Ti-stabilisierte 18 Cr/Ni-Stähle verwendet, die gegen diese Korrosionen beständig sind. Daher wurden

Schäden nicht festgestellt, und Stillegungen waren nicht erforderlich[30].

Beträchtliche Auswirkungen auf den Fortgang der Kernenergieentwicklung in den Vereinigten Staaten hatte ein am 23. März 1975 aufgetretener Kabelbrand bei den Bauarbeiten an Block 3 des Kernkraftwerks Browns Ferry der Tennessee Valley Authority (TVA). Dieser Brand entstand, als ein Monteur mit einer Kerzenflamme (!) prüfen wollte, ob zwischen zwei Räumen innerhalb des Containments ein Luftdruckunterschied bestand. Der in der Folge festgestellte Ausfall mehrerer (tatsächlich nicht benötigter) Sicherheitseinrichtungen, wie auch Ungeschicklichkeiten bei der Brandbekämpfung lösten nicht nur eine lange Erörterung des Wenn und Aber denkbarer Konsequenzen hypothetischer Störfälle aus, sondern zwangen auch dazu, kostspielige und verzögernde Umbauten bei anderen im Bau befindlichen Kernkraftwerken vorzunehmen.

Der Unfall von Harrisburg am 28. März 1979 wird im Anschluß an die nachstehende Darstellung der Risikoanalysen behandelt werden.

5.2.2.7 Tsuruga

Am 8. März 1981 floß im japanischen Kernkraftwerk *Tsuruga* (342 MWe) Wasser aus dem Lagertank für Filterschlamm auf den Boden des Lagergebäudes und von dort in den Abwasserkanal des Kraftwerks, weil ein Ventil versehentlich nicht geschlossen wurde. Bei diesem – nicht gemeldeten – Störfall und der Beseitigung seiner Folgen wurden an 15 Tagen 48 Arbeiter mit kollektiv 1,9 rem und individual maximal 155 mrem bestrahlt – im ganzen somit mäßigen Dosen. Der Störfall wurde aber in Japan sehr beachtet, zumal der Verkauf der in der Tsuruga-Bucht gefangenen Fische zeitweilig eingestellt werden mußte, obwohl nach amtlicher Bekundung keinerlei Gefahr für

[30] Auf einer ähnlichen Linie liegt der bereits 1978 beschlossene vorsorgliche Austausch der innerhalb des Sicherheitsbehälters liegenden druckführenden Rohre in den vier Siedewasserreaktoren der »Baureihe 69« der KWU: Philippsburg I und Ohu (Austausch bei diesen beiden 1981) sowie Würgassen und Brunsbüttel (Austausch bei diesen beiden 1982). Der Austausch wird vorgenommen, da der verwendete harte und feste Edelstahl »WB 35« nach neueren Erkenntnissen und den bislang gesammelten Erfahrungen äußerst schwer zu schweißen und nicht so zäh ist, als daß er die mit 40 Jahren angenommene Lebensdauer der Kraftwerke ohne die Bildung – zumeist gar nicht einmal gefährlicher – Risse überstehen würde. Die Reparaturkosten werden auf insgesamt 1,2 Mrd DM veranschlagt.

die Gesundheit bestand. Für die Nachlässigkeit entschuldigte sich der Direktor des Kernkraftwerks in aller Form vor dem japanischen Parlament. Die Regierung verbot den Betrieb des Kernkraftwerks für sechs Monate.

5.2.3 Risikoanalysen

5.2.3.1 Fragestellung

Um einen tieferen Einblick in die Gefahr bei Störfällen zu erlangen, müssen auf der Grundlage denkbarer Unfallabläufe systematisch *Risikobetrachtungen* angestellt werden, bei denen sowohl die Wahrscheinlichkeit, mit der an den einzelnen Komponenten (Bauteilen von Kernenergieanlagen) Störungen auftreten können, als auch die infolge dieser Störungen jeweils zu erwartenden Schäden ermittelt oder abgeschätzt werden. Maß der Wahrscheinlichkeit einer Störung ist die in Reaktorbetriebsjahren gemessene durchschnittliche Zeit zwischen zwei solchen Ereignissen. Maß der Unfallfolgen ist die bei jedem solchen Ereignis freigesetzte Aktivität. Für jeden denkbaren Störfall werden diese beiden Daten eingetragen in ein Analysediagramm mit den Störfallwahrscheinlichkeiten als Abszissen und den erwarteten Schäden/freigesetzten Aktivitäten als Ordinaten. Solche Diagramme zeigen, daß die Wahrscheinlichkeit von Störfällen mit steigenden Unfallfolgen stark abnimmt, ganz ähnlich, wie dies für andere Unfälle gilt.

Nach den *Ursachen* ist zu unterscheiden zwischen Störfällen durch Fremdeinwirkung, z.B. Schäden durch Explosionsdruckwellen, Sabotage oder dgl., und Störfällen, die durch Versagen von Bauteilen oder durch Bedienungsfehler eintreten. Wegen der relativen, nicht absoluten, Häufigkeit sind Kühlmittelverluststörfälle Reaktivitätsstörungen von besonderem Interesse, zumal jede massive Radioaktivitätsfreisetzung mit einem Leck im Primärkreislauf einhergehen muß.

Diese Störfallanalysen dienen nicht nur dazu, die Gefährdung, die von einer Kernenergieanlage ausgeht, abzuschätzen. Wichtiger noch ist, daß solche Analysen die Grundlage für etwa notwendige konstruktive Änderungen oder eine Verbesserung der Handhabung liefern und damit unmittelbar zu einer Erhöhung der Sicherheit von Kernenergieanlagen beitragen.

5.2.3.2 Der GaU

Die hier geschilderte differenzierte Risikobetrachtung ist erst in den letzten Jahren entwickelt worden. In der vorangehenden Zeit hat man ohne Rücksicht auf die Eintrittswahrscheinlichkeit auf den Störfall mit der größten freigesetzten Aktivität, d.h. der größten Auswirkung auf die Umgebung, abgestellt, den man als den (recht unwahrscheinlichen) *Größten anzunehmenden Unfall (GaU)* bezeichnet. Bei einem solchen Unfall würde und wird in einem im Auftrag des Bundesministers des Inneren im November 1971 erstellten Bericht gefordert, »daß die für diesen Fall vorgesehenen zusätzlichen Sicherheitseinrichtungen völlig intakt bleiben und die Freisetzung der Spaltprodukte in der Umgebung auf ein zumutbares Maß reduzieren, d.h. es wird insbesondere angenommen, daß die Dichtigkeit des Sicherheitsbehälters und der Wirkungsgrad der Luftfilteranlagen durch den Unfall nicht herabgesetzt werden«. Für Leichtwasser-Reaktoren wäre der für die Auslegung der Sicherheitseinrichtungen bestimmende GaU ein Bruch der Rohrleitung, die den Primärkühlkreislauf führt. Bei Siedewasser-Reaktoren ist dies die Dampfleitung, bei Druckwasser-Reaktoren die Haupt-Kühlmittelleitung, die stets innerhalb des Reaktorsicherheitsbehälters liegt. Das Kühlmittel würde ablaufen und es bestünde die Gefahr, daß der Kern sich überhitzt.

Ein solcher Störfall wird aber für sich allein keine katastrophalen Folgen haben, solange die Notkühleinrichtung die Nachverfallswärme abführen kann. Aus physikalisch zwingenden Gründen würde – zumal beim LWR – der Kühlmittelverlust die Kettenreaktion binnen kürzester Zeit stoppen. Nur wenn auch die Notkühlung nicht funktioniert, kann es zum Schmelzen des Kerns kommen. Im Ergebnis heißt dies, die Sicherheitsvorkehrungen müssen für den Fall des GaU so angelegt sein, daß schädliche Auswirkungen auf die Umgebung verhindert, d.h. daß sowohl die somatische Belastung des einzelnen als auch die genetische Belastung der Gesamtbevölkerung unter den Werten bleibt, die von der Wissenschaft als ungefährlich oder unbedenklich anerkannt werden.

Für Reaktoren sind typische Schadensereignisse bei derartigen *Störfallanalysen* berücksichtigt worden: der Bruch einer Rohrleitung oder eines Behälters, der Ausfall von Pumpen oder Ventilen, das Versagen von Regeleinrichtungen oder Fehler beim Bedienen von Geräten. Diese Ereignisse können die Be-

triebsdaten des Reaktors, z.B. die Temperatur der Brennelemente oder den Druck oder die Temperatur des Kühlmittels, verändern. Dadurch können bestimmte Komponenten des Reaktors übermäßig beansprucht werden und Schaden leiden. Besondere Gefahren treten auf, wenn eine oder mehrere der Sicherheitsbarrieren im Reaktor – die Brennstoffumhüllung, die Wandung des Primärkreislaufs, des Sicherheitsbehälters oder der Strahlenabschirmung – durchbrochen werden. Unter den Sachverständigen für die Reaktorsicherheit besteht ein grundsätzliches Einvernehmen dahingehend, daß ein schwerer Reaktorunfall, bei dem Spaltstoffe in großen Mengen freigesetzt werden, im Durchschnitt allenfalls einmal in einer Zeit auftreten dürften, die eine Million Betriebsjahre deutlich übertrifft[31].

5.2.3.3 Der Rasmussen-Report

(1) Die außerhalb Deutschlands bislang umfangreichste, sorgfältigste und konsequenteste Untersuchung der Risiken der Kernenergie ist die im Auftrage der USAEC/NRC[32] vom MIT (Massachusetts Institute of Technology) durchgeführte ›Reactor Safety Study (RSS) WASH 1400‹, besser bekannt unter dem Namen des Leiters des Untersuchungsteams, Norman C. Rasmussen. In diesem 3300 Seiten umfassenden, als Entwurf am 20. August 1974 und in seiner endgültigen Fassung vom 30. Oktober 1975 veröffentlichten Report sind 70 Mannjahre Arbeit eingegangen[33].

Die Studiengruppe hatte den Auftrag, für denjenigen Typ von Kernkraftwerken, der damals – und heute noch – in den USA in Dienst gestellt wurde und wird,

- Unfallsequenzen mit möglichen Folgen für die Öffentlichkeit zu identifizieren und deren Wahrscheinlichkeit abzuschätzen,
- die Folgen zu berechnen, die das Entweichen verschiedener Mengen von Radioaktivität als Ergebnis der identifizierten potentiellen Unfälle haben würde, und
- diese Kernkraftwerksrisiken mit anderen zivilisationsbedingten und natürlichen Risiken zu vergleichen.

Wesentlich für die Bewältigung dieser Aufgabe war, daß alle

[31] Mitgeteilt von L. F. Franzen in dem Artikel ›Unfallwahrscheinlichkeit‹, atomwirtschaft, April 1973.

[32] Im Februar 1975 wurde die USAEC aufgelöst. Ihre Aufgaben, was Genehmigungen betrifft, gingen über auf die NRC (Nuclear Regulatory Commission).

[33] Reactor Safety Study Wash 1400, US Nuclear Regulatory Commission, Okt. 1975.

denkbaren Störfälle hinsichtlich ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit abgeschätzt und ihr Ablauf und mögliche Auswirkungen auf die Umgebung untersucht wurden.

(2) Die Studie gelangt zu folgenden Feststellungen:

- der schwerste mögliche Unfall ist das Schmelzen des Reaktorkerns, wie es bei völligem Ausfall der Reaktorkühlung eintreten könnte;
- die Wahrscheinlichkeit für einen solchen Unfall liegt bei 1:20000 pro Jahr und Kernkraftwerk;
- die Folgen eines Kernschmelz-Vorgangs sind stark abhängig von verschiedenen Faktoren; deshalb führt der Wahrscheinlichkeit nach nur jeder zehnte Fall von Kernschmelzen zu nachweisbaren Beeinträchtigungen der Gesundheit von Bewohnern der Umgebung.

Aus der endgültigen Fassung der Rasmussen-Studie geht hervor, daß als untere Grenze des Schadenspotentials einmal in 20000 Jahren pro Reaktor ein Kernschmelzen-Unfall eintreten kann, der jedoch keine Toten und keine Verletzten, sondern lediglich einen Sachschaden von einigen 100000 Dollar zur Folge hätte. Als obere Grenze des Schadenspotentials ist nach dem Ergebnis der Studie ein Unfall anzusehen, der einmal in einer Milliarde Jahren pro Reaktor auftreten kann, dann allerdings bis zu 3300 Tote, 45000 Verletzte und einen Sachschaden von mehr als 14 Milliarden Dollar verursachen würde[34].

Grundlage der für die gesamten Vereinigten Staaten angestellten Risikoberechnungen ist ein Bestand von 100 in Betrieb befindlichen Reaktoren, wie dies damals für 1980 erwartet wurde. Unter dieser Annahme kommt die Studie zu dem Schluß, daß ein Unfall mit 100 Toten nur mit der Wahrscheinlichkeit von eins zu 10000 pro Jahr und ein Unfall mit 1000 Toten nur mit einer Wahrscheinlichkeit von eins zu einer Million gleichfalls je Jahr eintreten dürfte.

Die Gefahrenbemessung für den kleineren der beiden Unfälle ergibt sich einmal aus dem Risiko, daß das Reaktor-Core das Fundament durchschmilzt (einmal in 17000 Reaktorjahren) – der Bericht weist nach, daß ein schwerer Reaktorunfall stets ein Core-Schmelzen infolge Totalausfalls der Kühlung voraussetzt –, und andererseits aus dem Risiko, daß ein solcher Unfall

[34] Vgl. N. Rasmussen, ›Wahrscheinlichkeit und Folgen schwerer Reaktorunfälle‹, Übersichtsvortrag auf der Reaktortagung 1975 des Deutschen Atomforums, atomwirtschaft, Juni 1976, S. 286.

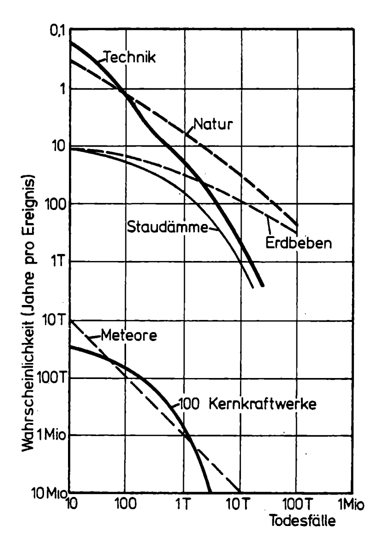


Abb. 85: In den USA erwartete Häufigkeiten katastrophaler Unfälle nach Rasmussen

wenigstens 100 Tote verursacht (1:60); somit

$$\frac{100}{17000 \times 60} \cong \frac{1}{10000}.$$

(3) In besonderem Maße aussagekräftig ist der in dieser Studie angestellte Vergleich mit anderen Risiken, der in Übersicht 140 gegeben ist – Abb. 81 gibt einen umfassenden Vergleich, der alle Unfallschweregrade berücksichtigt. Demnach ist in den USA ein Reaktorunfall mit 100 bzw. 1000 Toten um mehrere Größenordnungen *un*wahrscheinlicher als ein gleich folgenschwerer Unfall durch Flugzeugabsturz (5000 bzw. 500 mal), durch Chlorfreisetzung aus chemischen Anlagen (1000 mal) oder durch Dammbruch (2500 bzw. 15000 mal)[35].

Hinsichtlich des Todesrisikos durch Unfall für den einzelnen Bürger, der im Umkreis von 30 km eines amerikanischen Reaktorstandorts wohnt, ergibt die Studie: die Wahrscheinlichkeit,

[35] A. M. Weinberg hat in seinem Festvortrag am 12. Juni 1975 in Karlsruhe anläßlich der Verleihung des Heinrich-Hertz-Preises darauf hingewiesen, daß der Bruch des Folsom-Dammes oberhalb Sacramentos in Kalifornien 260000 Todesfälle nach sich ziehen würde; der Bruch des Assuan-Staudammes in Ägypten würde wahrscheinlich zu einer Katastrophe von bisher nicht erlebten Ausmaßen führen.

Übersicht 140: Wahrscheinlichkeit nuklearer und nichtnuklearer Unfälle mit gleichen Auswirkungen. Jeweils 100 und mehr bzw. 1000 und mehr Tote einmal in ... Jahren (J.).

Katastrophenart	100 und mehr Tote	1000 und mehr Tote
Durch Menschen verursacht		
Flugzeugabsturz	2 J.	2000 J.
Feuer	7 J.	200 J.
Explosion	16 J.	120 J.
Gas (Gift)	100 J.	1000 J.
Naturkatastrophen		
Tornado	5 J.	sehr gering
Hurrikan	5 J.	25 J.
Erdbeben	20 J.	50 J.
Meteore	100000 J.	1 Mio J.
Reaktorunfall bei 100 Kernkraftwerken	10000 J.	1 x in 1 Mio J.

Quelle: Rasmussen-Report

durch Blitzschlag zu sterben, ist 25mal, durch Umgang mit Elektrizität 300mal, im Straßenverkehr 15000mal so groß wie die Wahrscheinlichkeit, einem Reaktorunfall zum Opfer zu fallen.

(4) Die Amerikanische Physikalische Gesellschaft vertrat in ihrer 1975 bekanntgegebenen Stellungnahme zu der damals nur im Entwurf vom August 1974 vorliegenden Fassung des Rasmussen-Reports die Auffassung, dieser Bericht unterschätze die Risiken, insbesondere die Zahl der Todesfälle bei dem Durchschmelzen eines Reaktor-Cores. Auch wird angemerkt, trotz umfassender Erfahrung nach mehr als 2000 Reaktorbetriebsjahren, allein in den USA, seien wahrscheinlich nicht alle Unfallverläufe identifiziert, ebenso sei das Risiko menschlichen Versagens nicht ausreichend berücksichtigt worden. Daß die Eintrittswahrscheinlichkeit für einen schweren Reaktorunfall aber außerordentlich gering ist, wurde von der Kritik durchweg anerkannt. Die verschiedenen kritischen Stellungnahmen wurden in der endgültigen, am 30. Oktober 1975 von der NRC veröffentlichten Fassung des Reports im wesentlichen berücksichtigt[36]. Es bleibt damit bei einem im Vergleich zu anderen Un-

[36] Alle vorstehenden Angaben sind der endgültigen Fassung des Berichts entnommen.

fallkategorien außerordentlich geringen Risiko eines schweren Reaktorunfalls.

(5) Auch nach der Berichtigung ist die Kritik am Rasmussen-Report nicht verstummt. Auf Veranlassung des Vorsitzenden des Innenausschusses des Kongresses Morris Udall setzte die Nuclear Regulatory Commission (NRC) am 1. Juli 1977 eine Kommission unter der Leitung von Harold Lewis ein mit dem Auftrag, die Aussagen des Rasmussen-Reports kritisch zu prüfen. Der im September 1978 vorgelegte Bericht der Lewis Group verwirft die vielfach von Kritikern, insbesondere der Union of Concerned Scientists (UCS) vertretene Auffassung, die Reactor Safety Study sei wertlos. Lewis' Kritik konzentriert sich auf drei Punkte:

- Die »Executive Summary«, die Zusammenfassung der Studie für den Verwaltungsgebrauch, vereinfache in fahrlässiger Weise und unterschlage wissenschaftliche Bedenken.
- Kommentare von Wissenschaftskollegen seien nicht oder in unzureichender Weise berücksichtigt worden.
- Im Rechenteil fänden sich Kalkulationsfehler, welche die Genauigkeit der Unfallwahrscheinlichkeiten in Frage stellten.

In ihrer Stellungnahme zu den Erkenntnissen der Lewis-Group erklärt die NRC, die »Executive Summary« sei eine »ungenügende Beschreibung des Inhaltes der Reactor Safety Study und sollte nicht so bezeichnet werden. Sie wurde in Diskussionen über Reaktorrisiken mißbraucht«. Im Gegensatz zur Studie gebe die »Summary« keine Auskunft über die Unsicherheiten, mit denen ihre Berechnung belastet sei. Sie erzeuge vielmehr beim Leser ein Gefühl des Vertrauens, das durch die Studie nicht gestützt werde. Die NRC erkennt auch an, daß wissenschaftliche Fachkommentare nicht genügend berücksichtigt wurden. Die NRC sah sich andererseits aber außerstande, die Rechenfehler durch Angabe genauerer Wahrscheinlichkeitswerte zu bestätigen oder gar die Studie neu zu bewerten, die Unsicherheiten seien aber größer, als von Rasmussen veranschlagt wurde.

Lewis und in Übereinstimmung mit ihm die NRC stellen demgegenüber die folgenden vier positiven Seiten des Rasmussen-Berichts heraus:

(a) Mit dem Bericht wurde über frühere Versuche hinaus ein wesentlicher Fortschritt erreicht, die Risiken der Kerntechnik abzuschätzen.

(b) Der Bericht markiert in dreierlei Hinsicht einen Erfolg: es

wurde eine weitgehende Objektivierung in Reaktorsicherheitsfragen erreicht, eine brauchbare Störfallklassifizierung eingeführt und eine Methodik zur quantitativen Risikoermittlung für solche Abläufe, für die eine ausreichende Datenbasis vorhanden ist, angegeben.

(c) Der Bericht liefert das vollständigste Bild der Störfallwahrscheinlichkeiten von Kernreaktoren; das »Ereignisablauf-Fehlerbaum-Verfahren«, zusammen mit einer ausreichenden Datenbasis, ist das beste verfügbare Werkzeug zur Quantifizierung dieser Wahrscheinlichkeiten.

(d) Der Bericht verdeutlicht die Bedeutung anderer Störfallauswirkungen als Frühschäden in der Reaktor-Sicherheitsdiskussion.

(6) Wie sich immer wieder zeigt, fällt es überaus schwer, den Laien davon zu überzeugen, daß die Sicherheit von Kernkraftwerken keine absolute, sondern eine probabilistische Größe ist, d.h. auf Wahrscheinlichkeitsüberlegungen beruht, wie dies vom Rasmussen-Report überzeugend dargetan wird. Erreicht werden muß oder müßte nichts weniger, als einen Menschen, der auf sechs Richtige im Lotto hofft (1:14 Mio), dazu zu bringen, daß er die Gefahr einer mit wenngleich noch geringerer Wahrscheinlichkeit zu befürchtenden Nuklearkatastrophe akzeptiert[37]. Die Erfahrung lehrt: der Behauptung, ein schwerer Strahlenunfall sei allenfalls einmal in einer Million oder noch mehr Jahren zu erwarten, wird in spontaner Reaktion nicht etwa entgegengehalten, diese Rechnung ist falsch, sondern vielmehr: das kann aber schon morgen passieren!

5.2.4 Die deutsche Risikostudie

5.2.4.1 Aufgabenstellung

Der bisher behandelte Rasmussen-Report stellt auf die Verhältnisse in den USA ab. Eine entsprechende Untersuchung für das Gebiet der Bundesrepublik war geboten und mit abnehmender Akzeptanzbereitschaft mehr und mehr dringlich.

[37] Diese Auffassung wird bestätigt durch das Urteil des Oberverwaltungsgerichts Münster vom 20. Februar 1975 in einer Verwaltungsstreitsache wegen des Kernkraftwerks Würgassen. In der Begründung wird festgestellt, daß mit dem Erlaß des Atomgesetzes und der Ersten Strahlenschutzverordnung der Gesetzgeber der Bevölkerung das Tragen eines gewissen Strahlenrisikos zu Recht auferlege, zumal in § 7 des Atomgesetzes eindeutig das Merkmal der »erforderlichen Vorsorge« in den Zusammenhang mit »dem Stand von Wissenschaft und Technik« gestellt sei.

Die im Sommer 1976 begonnene Deutsche Risikostudie[38] unternimmt es, das Risiko von Kernkraftwerken in der Bundesrepublik zu beschreiben, d.h. die Wahrscheinlichkeit dafür zu bestimmen, daß Schäden bestimmter Art und Größe eintreten können. Im Auftrag des Bundesministers für Forschung und Technologie (BMFT) oblag der Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) die Durchführung dieser Untersuchung. Die fachliche Leitung lag bei dem Geschäftsführer dieser Gesellschaft Prof. Dr. A. Birkhofer. Die GRS beteiligte eine Reihe weiterer wissenschaftlicher Institutionen an ihren Arbeiten, u.a. das Kernforschungszentrum Karlsruhe (KfK) und die Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung (GSF).

Die Studie wird in zwei Phasen A und B durchgeführt. Phase A lehnt sich auftragsgemäß an den amerikanischen Rasmussen-Report an. Unter Berücksichtigung eingehender Kritik sollen in Phase B dann die Erkenntnisse und Ergebnisse der Phase A verbessert werden[38a].

Zur sicherheitstechnischen Überprüfung von Kernkraftwerken gehört eine Analyse der Störfälle, die aufgrund vorliegender technischer Erfahrungen möglich sind. Das zweckmäßigste Vorgehen besteht darin, die die größten Anforderungen an die Sicherheitseinrichtungen stellenden Fälle, die »Auslegungsstörfälle«, zu identifizieren und sie, stellvertretend für die anderen Störfälle, zu untersuchen. Der Nachweis, daß die vorhandenen Sicherheitseinrichtungen die Auslegungsstörfälle beherrschen, ist gleichzeitig Nachweis, daß die anderen nicht untersuchten, aber bei dieser Vorgehensweise abgedeckten Störfälle ebenfalls beherrscht werden.

Die deutsche Risikostudie knüpft auftragsgemäß an die amerikanische Rasmussen-Studie an. Wesentliche Abweichungen ergaben sich im Vergleich zu dieser Studie dadurch, daß

[38] Deutsche Risikostudie Kernkraftwerke. Eine Untersuchung zu dem durch Störfälle in Kernkraftwerken verursachten Risiko, Verlag TÜV Rheinland, Köln 1979; dazu acht 1981 im gleichen Verlag erschienene Fachwerte. Die folgende gestraffte Darstellung hält sich so weit wie möglich an den Wortlaut der Studie. Eine knappe Zusammenfassung wichtiger Ergebnisse dieser Studie bringt A. Birkhofer, Die Deutsche Reaktorsicherheitsstudie, atomwirtschaft, 10/1980, S. 515.

[38a] Diese »Arbeitsphase B« wurde durch die »Bekanntmachung des BMFT von weiterführenden Arbeiten zur deutschen Risikostudie Kernkraftwerke« vom 10. April 1981 eingeleitet. Schon vorher erhielt das ÖKO-Institut Freiburg eine Zuwendung von 1,6 Mio DM für die »analytische Weiterentwicklung der Deutschen Risikostudie«. Dies geschah, um diesem Institut Gelegenheit zu geben, sich in die schwierige und komplexe Materie einzuarbeiten.

- die Unterschiede in der Anlagentechnik zwischen amerikanischen und deutschen Kernkraftwerken vor allem für die Zuverlässigkeitsuntersuchungen zu anderen Arbeitsschwerpunkten führten und
- das Unfallfolgenmodell zwar in seinen Grundzügen der amerikanischen Studie entsprach, in verschiedenen Einzelpunkten aber den deutschen Standortverhältnissen (mit meist höherer Bevölkerungsdichte) angepaßt werden mußte.

Die Studie hatte zur engeren Zielsetzung, das gesellschaftliche Risiko zu ermitteln, das durch Unfälle in Kernkraftwerken bedingt ist. Das Ergebnis sollte Vergleiche mit der amerikanischen Reactor Safety Study ermöglichen, um Unterschiede in Anlagentechnik und Standortverhältnissen beurteilen zu können. Der Risikoermittlung lag ein repräsentativ ausgewähltes, in Betrieb befindliches Kernkraftwerk der 1300 MW-Klasse mit Druckwasser-Reaktor zugrunde. Die räumliche Risikoverteilung war definiert durch die Gesamtheit der Standorte, an denen am 1. Juli 1977 im Bundesgebiet Kernkraftwerke mit Leichtwasser-Reaktoren und einer elektrischen Leistung von mindestens 600 MW in Betrieb, in Bau oder im Genehmigungsverfahren waren. Dies waren 19 Standorte für Kernkraftwerke mit insgesamt 25 Reaktorblöcken.

5.2.4.2 Typischer Unfallablauf und Untersuchungsschritte

Der überwiegende Teil der radioaktiven Stoffe kann nur dann freigesetzt werden, wenn der Brennstoff überhitzt wird und sich das Kristallgitter des Brennstoffs auflöst, d.h. wenn der Brennstoff schmilzt. Auch bei einem vollständigen Schmelzen des Brennstoffs würden jedoch, je nach den physikalisch-chemischen Eigenschaften der verschiedenen radioaktiven Stoffe, unterschiedliche Anteile in der Brennstoffschmelze verbleiben. Konsequenterweise wurden für die Risikoermittlung gerade solche Ereignisse verfolgt, die zum »Kernschmelzen« führen. Im Sinne einer oberen Abschätzung des Risikos wird in dieser Studie davon ausgegangen, daß der Brennstoff immer dann vollständig schmilzt, wenn der Kern unzureichend gekühlt wird.

Die Folgewirkungen hängen davon ab, in welche Richtung der Wind die freigesetzte Aktivitätsfahne aus Dämpfen, Gasen und Aerosolen von der Anlage weg transportiert. Die mitgeführte Energie bewirkt dabei einen thermischen Auftrieb. Die zunächst relativ eng gebündelte Abluftfahne breitet sich durch

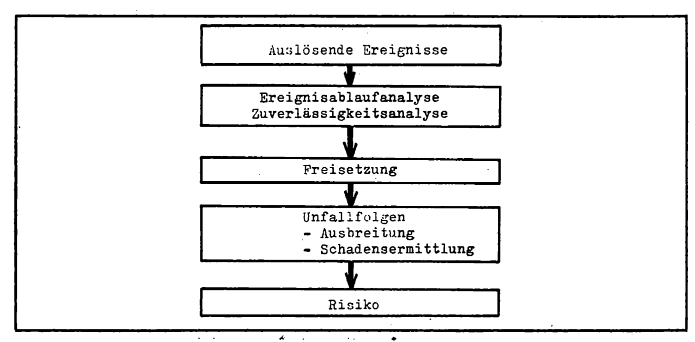


Abb. 86: Schritte der Deutschen Risikostudie

turbulente Diffusion auch quer zur Windrichtung aus. Mit zunehmender Entfernung wird daher ein breiteres Gebiet von der Wolke überstrichen. Die Verdünnung der Wolke, die damit gleichzeitig stattfindet, sowie die Ablagerung und ggf. Auswaschung radioaktiver Stoffe verringern die Aktivitätskonzentration in der Wolke. Das von der Fahne überstrichene Gebiet wird gleichzeitig radioaktiv kontaminiert. Menschen, die sich in diesem Gebiet aufhalten, können durch direkte Strahlung und durch Einatmen radioaktiver Stoffe aus der Wolke und aus Ablagerungen, außerdem durch die Aufnahme radioaktiver Stoffe mit der Nahrung einer Strahlenbelastung ausgesetzt werden. Die Höhe der Strahlenbelastung, die Zahl betroffener Personen und damit die möglichen Schadensfolgen unterschiedlicher Art hängen dabei nicht nur von den zu erwartenden Aktivitätskonzentrationen ab, sondern auch von der Durchführbarkeit und Wirksamkeit von Notfallschutzmaßnahmen.

In Übereinstimmung mit dem Unfallablauf gliedern sich die Untersuchungen der Deutschen Risikostudie entsprechend Abb. 86 in fünf Schritte.

5.2.4.3 Freisetzung von Radioaktivität

(1) Eine Freisetzung radioaktiver Stoffe aus dem Reaktorkern ist nur dann möglich, wenn es im Verlauf des Unfalls zu einer Überhitzung der Brennstäbe kommt. Für das erforderliche Ungleichgewicht zwischen Wärmeerzeugung und Wärmeabfuhr im Kern kommen zwei Unfallarten in Frage: *Kühlmittelverluststörfälle* und *»Transienten«*. Bei dieser historisch bedingten Unterscheidung wird zumindest vorübergehendes Außer-Kontrol-

le-Geraten von Leistung, Druck, Temperatur u.ä., soweit es nicht durch Lecks oder Brüche verursacht ist, als »Transiente« bezeichnet. Ein merklicher Beitrag zum Gesamtrisiko infolge Überhitzung des Reaktorkerns durch Kühlmittel*blockagen* kann ausgeschlossen werden.

Die Risikostudie untersucht im einzelnen, mit welcher Häufigkeit ein Kühlmittelstörfall bzw. eine entsprechende Transiente zu erwarten ist (ein Leck unterschiedlicher Größe in einer Hauptkühlmittelleitung oder am Druckhalter, Notstromausfall, Ausfall der Hauptspeisewasserversorgung oder ein Versagen der Schnellschaltung) und mit welcher Wahrscheinlichkeit alsdann damit zu rechnen ist, daß dies auch zu einem Kernschmelzen führt. Die Summe der Kernschmelzhäufigkeiten liegt danach bei 9×10^{-5}/Jahr oder einmal in rund 10000 Jahren.

Die Risikostudie stellt fest, daß ein *kleines Leck in der Hauptkühlmittelleitung* mit 72% und ein *Notstromausfall* mit 24% der Häufigkeit zum *Kernschmelzen* führt. Alle anderen Arten der Aktivitätsfreisetzung spielen nur eine untergeordnete Rolle. *Menschliches Fehlverhalten* ist deutlich die Hauptursache (etwa 2/3). Demgegenüber treten die *»unabhängigen Ausfälle«* und die *»Common-Mode-Ausfälle«*[39] deutlich zurück.

(2) Aktivität kann nur freigesetzt werden, wenn nicht nur der Kern schmilzt, sondern zugleich auch der *Sicherheitsbehälter versagt.* Die Studie hat daher auch die Wahrscheinlichkeiten eines solchen Versagens – Leckage, Überdruckversagen oder Zerstörung durch Dampfexplosion (insgesamt handelt es sich um acht »Freisetzungskategorien«) – errechnet. Hier bestehen erhebliche Unterschiede in bezug auf den Zeitpunkt der Freisetzung gerechnet vom Kernschmelzen, die Dauer und die Höhe der Freisetzung und die Menge der freigesetzten Energie. Die größte Wahrscheinlichkeit (einmal in 1000 Jahren) wurde errechnet für den vergleichsweise weniger gefährlichen, beherrschten Kühlmittelverluststörfall, die geringsten (einmal in 1,7 Mio bis einmal in 0,5 Mio Jahren) für die weitaus gefährlicheren Freisetzungskategorien großes oder mittleres Leck im Sicherheitsbehälter und Kernschmelzen durch Dampfexplosion.

[39] Wenn aufgrund einer gemeinsamen Ursache mehrere Systeme gleichzeitig versagen, spricht man von Common-Mode-Ausfällen. Sie können gravierend sein, wenn sie redundante, d.h. mehrfach vorhandene Systeme zur Gewährleistung der gleichen Funktion, betreffen.

5.2.4.4 Unfallfolgen

Die nach einer Freisetzung radioaktiver Stoffe erwarteten Kollektivschäden wurden unter Berücksichtigung der realen Bevölkerungsverteilung an den 19 erfaßten Standorten ermittelt, wobei für Mehrblockanlagen die Risikobeiträge entsprechend gewertet wurden. Dabei ist zwischen Todesfällen aus Früh- und Spätschäden zu unterscheiden.

(1) Wie bei allen Unfallarten sinkt auch bei den Frühschäden aus katastrophalen Nuklearunfällen die Eintrittswahrscheinlichkeit mit steigender Zahl der zu erwartenden Todesfälle. Übersicht 141 zeigt dies. Allgemein läßt sich feststellen, daß erhebliche Frühschäden dann auftreten, wenn sich große Aktivitätsfreisetzungen an Standorten mit hoher Bevölkerungsdichte ereignen, der Wind in den ungünstigsten Sektor weht und durch Regen im Nachbereich eine hohe Bodenkontamination eintritt.

(2) In Anlehnung an die Empfehlungen der International Commission on Radiological Protection (1977) wurde für die somatischen Spätschäden eine rein proportionale Dosis/Risiko-Beziehung zugrunde gelegt, die durch den Nullpunkt verläuft. Da hierbei von den Beobachtungen bei hohen Dosen auf das mit kleinen Dosen verbundene Risiko extrapoliert wird, dürfte das reale Risiko überschätzt sein. In Übersicht 142 sind die Eintrittshäufigkeiten für somatische Spätschäden zusammengestellt. Das Rechenmodell liefert immer dann große Spätschäden, wenn aufgrund großer Aktivitätsfreisetzungen und günstiger Wetterbedingungen in vergleichsweise großen Gebieten Bodenkontaminationen auftreten, die *unterhalb* der Referenzwerte für Schutz- und Gegenmaßnahmen liegen.

(3) Als größtes Schadensausmaß errechnet die deutsche Risi-

Übersicht 141: Eintrittshäufigkeit von Frühschäden bei 25 Anlagen

Eintrittshäufigkeit einmal in .... Jahren	Frühschäden (Todesfälle)
100 000	2
1 000 000	200
10 000 000	1 400
100 000 000	4 400
1 000 000 000	11 000

Übersicht 142: Eintrittshäufigkeit von Spätschäden bei 25 Anlagen

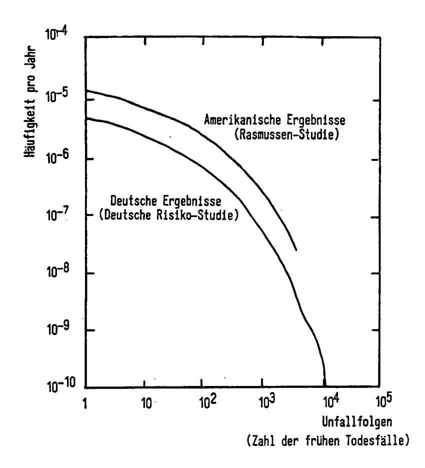
Eintrittshäufigkeit einmal in .... Jahren	Somatische Spätschäden (Todesfälle)
1000	2700
10000	3900
100000	54000
1000000	65000
10000000	72000
100000000	83000
1000000000	94000

kostudie 104000 Todesfälle aus Spätschäden im Verlauf von 30 Jahren, und zwar einmal in zwei Milliarden Betriebsjahren. Diese große Zahl ergibt sich rechnerisch dadurch, daß ein sehr kleines Risiko über lange Zeiträume und in seiner Auswirkung auf die gesamte europäische Bevölkerung aufsummiert wird. Die große Anzahl von Spätschäden ergibt sich hierbei u.a. durch die Berücksichtigung einer großen Anzahl von Personen mit kleinen und kleinsten Strahlenexpositionen. Rund 80% aller erfaßten Individualdosen liegt unterhalb von 5 rem, was etwa der Lebensaltersdosis aufgrund der natürlichen Strahlenexposition entspricht. Die Spätschäden würden sich über einen Zeitraum von 30 Jahren verteilen. Auch würde etwa die Hälfte davon in Gebieten außerhalb der Bundesrepublik Deutschland verursacht. Andererseits ist auch die deutsche Bevölkerung vergleichbaren Risiken ausländischer Kernkraftwerke ausgesetzt.

Ein so großer Schaden ergibt sich im übrigen auch dadurch, daß die deutsche Studie noch weiter als bei Rasmussen in den Bereich kleinster Wahrscheinlichkeiten ausgedehnt wurde. Nach Angaben, die der Bundesminister für Forschung und Technologie V. Hauff bei der Vorstellung der deutschen Risikostudie am 14. August 1979 machte, errechneten Experten bei Anwendung derselben Berechnungsmethode jeweils mehr als 200000 Todesfälle sowohl aus der natürlichen Strahlenbelastung als auch durch die Strahlenbelastung aus medizinischer Diagnose und Therapie, dies bei 100%iger Eintrittswahrscheinlichkeit. Nach Ansicht Hauffs sollen diese Vergleichszahlen das Kernkraftrisiko nicht verharmlosen, aber auf die Besonderheiten einer statistischen Betrachtungsweise von Risiken aufmerksam machen.

5.2.4.5 Vergleich zwischen der Rasmussen-Studie und der deutschen Risikostudie

Unter Berücksichtigung der Abweichungen von der amerikanischen Vorgehensweise und trotz unterschiedlicher Anlagetechnik und Standortverhältnisse gelangt die deutsche Risikostudie zu ähnlichen Ergebnissen wie die amerikanische Rasmussen-Studie. Dies gilt sowohl für die Frühschäden (akute Todesfälle) als auch für die somatischen Spätschäden (Todesfälle durch Leukämie und Krebs). Abb. 87 zeigt, daß über die ganze Breite der Unfallfolgen hinweg in deutschen Kernkraftwerken nur etwa ein Drittel so häufig Unfälle stattfinden wie bei jeweils gleicher Unfallschwere in amerikanischen Kernkraftwerken. In dieser Feststellung kommt der bessere Sicherheitsstandard der deutschen Kernkraftwerke zum Ausdruck, der die Nachteile aus der großen deutschen Bevölkerungsdichte mehr als ausgleicht.



Häufigkeit, mit der Unfälle eines bestimmten Ausmaßes bei 25 Anlagen zu erwarten sind. (Ergebnisse wurden von der KWU so umgerechnet, daß ein direkter Vergleich möglich ist.)
Ungefähr gilt: Ein Unfall mit 10 frühen Todesfolgen ist im Durchschnitt je 500000 Jahre, ein Unfall mit 100 frühen Todesfällen je 1,5 Millionen Jahre einmal zu erwarten usw.

Abb. 87: Vergleich der Ergebnisse der Rasmussen-Studie und der Deutschen Risikostudie

5.2.4.6 Ergebnisbewertung

Beim gegenwärtigen Stand der Kenntnisse haben Risikoanalysen nur begrenzte Aussagekraft. Dies gilt auch für die Ergebnisse der deutschen Risikostudie. Das Schwergewicht der Untersuchungen lag auf der Ermittlung des gesellschaftlichen Risikos. Daraus läßt sich nur ein gemitteltes Individualrisiko herleiten, das aber keinem konkreten Standort zugeordnet werden kann.

Den Einsatzmöglichkeiten von Risikoanalysen sind Grenzen gesetzt. Hier wird mit Wahrscheinlichkeiten gerechnet, die zumeist gering bis sehr gering sind. Die Ergebnisse, die ohnehin den Charakter von Abschätzungen haben, werden mit abnehmender Wahrscheinlichkeit und damit zunehmendem Schadensumfang immer unsicherer. Der Stand des Wissens reicht kaum aus, um für Ereignisse, die sich wahrscheinlich nur einmal in 1 Mrd Jahren ereignen, noch einigermaßen verläßliche Ergebnisse zu ermitteln, die als Bewertungs- und Entscheidungsgrundlage dienen können. Auch bleibt es fraglich, ob Ereignisse mit der genannten oder einer noch geringeren Häufigkeit in reale Überlegungen überhaupt noch einbezogen werden können.

Die Durchführung von Risikoanalysen führt auch zu psychologischen Problemen, die dem Zweck solcher Analysen unter Umständen zuwiderlaufen. Die Analyse des Risikos erfordert, gerade solche Ereignisse zu untersuchen, die man durch entsprechende Vorkehrungen verhindern will, die aber zu größeren Schäden führen können, wenn sie sich gleichwohl ereignen. Auch Ereignisse, die so gut wie ausgeschlossen sind, gewinnen dadurch, daß man sie im Detail analysiert und beschreibt, einen realen Charakter. Auf diese Weise werden mögliche Gefahren ins Bewußtsein gerufen, die mit größter Wahrscheinlichkeit niemals zu konkreten Schäden führen und die in der Vorstellung der meisten Menschen keine Rolle spielen. Die paradoxe Konsequenz ist, daß bestimmte Risiken als minimal nachgewiesen werden, die Angst vor ihnen aber gerade durch diesen Nachweis erst ausgelöst wird, während wesentlich größere, aber nicht im einzelnen untersuchte Risiken überhaupt nicht zur Kenntnis genommen werden. Offenbar erzeugt die Analyse der technischen Unsicherheiten neue, diesmal psychologische Unsicherheiten.

5.2.4.8 Gesamtwürdigung

Die folgenden Erkenntnisse der Deutschen Risikostudie und Überlegungen zur Weiterentwicklung dieser Studie verdienen festgehalten zu werden.

(1) Ebenso wie der Rasmussen-Report bestätigt die Deutsche Risikostudie die bisher aus dem Betrieb von kommerziellen Kernkraftwerken gewonnene Erfahrung, daß die Risiken der Kernenergienutzung im Rahmen der entwickelten Sicherheitstechnik vergleichsweise gering sind. In der weitaus überwiegenden Zahl der möglichen Fälle haben auch schwere Reaktorstörfälle keineswegs katastrophale Folgen für die Umgebung. Selbst ein nur bei Versagen aller Notkühleinrichtungen mögliches Kernschmelzen führt in den allermeisten Fällen nicht oder in geringerem als katastrophalem Ausmaß zu Todesfällen in der Umgebung.

(2) In Zweifelsfällen bewertet die Studie Risiken und Schäden »konservativ«, d.h. ungünstig. So setzt sie jeden Fall unzureichender Kühlung des Kerns mit vollständigem Kernschmelzen gleich, obwohl gerade »Harrisburg« gezeigt hat, welche Sicherheitsreserven hier noch vorhanden sind. Bei realistischeren Annahmen könnten die Risikowerte um einen Faktor zwischen 10 und 100 niedriger liegen.

(3) Erdbeben, Hochwasser, Flugzeugabsturz, Explosionswellen und andere äußere Einwirkungen liefern keinen nennenswerten Beitrag zum Gesamtrisiko.

(4) Beim heutigen Stand der Technik führt spektakuläres Komponentenversagen, beispielsweise plötzliches Bersten des Reaktordruckbehälters, wahrscheinlich nicht mehr zu einem schweren Reaktorstörfall.

(5) Die Aussagen der Risikostudie gelten nur für Druckwasser-Reaktoren vom Typ Biblis. Sie können auf andere Druckwasser-Reaktoren und eingeschränkt auch auf Siedewasser-Reaktoren übertragen werden. Die denkbaren Unfallabläufe bei Hochtemperaturreaktoren oder Schnellen Brütern weichen dagegen so ab, daß zur Risikoabschätzung eigene Analysen erforderlich wären.

(6) Kriegerische Einwirkungen werden in der Studie zwar zitiert, nicht aber quantitativ berücksichtigt. Mehr war nicht möglich, weil niemand anzugeben vermag, wie wahrscheinlich kriegerische Auseinandersetzungen sein werden und ob und gegebenenfalls inwieweit hierbei auf Kernkraftwerke einge-

wirkt wird. Auch ohne zureichende Daten sollte dieses Thema aus der Diskussion nicht ausgeschlossen werden.

(7) Um die Auseinandersetzungen um die Akzeptanz der Kernenergie auf solidere Grundlagen zu stellen, sollte auch das Risiko anderer Energieträger oder etwaiger durch Kernenergieverzicht notwendiger Einschränkungen in der Energieversorgung analysiert werden.

5.2.5 Harrisburg[40]

Im 960-MWe-Kernkraftwerk Three Mile Island 2 bei Harrisburg (Pa.), dessen Druckwasser-Reaktor von Babcock & Wilcox am 9. März 1978 erstmals kritisch geworden war und das sich seit 30. Dezember 1978 im kommerziellen Betrieb befand, ereignete sich am 28. März 1979 um 4.00 Uhr eine Störung, die sich im weiteren Verlauf zum bisher schwersten Störfall in einem Kernkraftwerk überhaupt entwickelte, obwohl niemand getötet oder verletzt wurde.

Dies vor allem aus folgenden Gründen:

- Zeitweise herrschte zumindest der Eindruck, daß möglicherweise mit einem Kernschmelzen und sogar mit einer Gasexplosion im Reaktordruckbehälter gerechnet werden müsse.
- Einzelne Ereignisse im Ablauf waren für die Fachleute unerwartet. Dadurch wurde das Vertrauen in die Beherrschbarkeit schwerer Reaktorstörfälle beeinträchtigt.

[40] Die nachstehenden Ausführungen über den Reaktorunfall am 28. März 1979 in Harrisburg und dessen Folgen stützen sich auf amtliche Verlautbarungen und Urteile von Sachverständigen. Neben den Originalberichten in englischer Sprache wurden insbesondere die folgenden deutschsprachigen Informationen herangezogen und ausgewertet:
- die Ausgabe Nr. 14/1979 der Kurzinformationen der Gesellschaft für Reaktorsicherheit in Köln vom 3. April 1979
- die BBR-Information 3.79 vom 6. April 1979
- der Bericht über die BBC/BBR-Informationsveranstaltung vom 20. April 1979
- der Bericht vom F. J. Spalthoff anläßlich der Pressekonferenz des RWE Essen am 25. April 1979
- argumente Nr. 27 »Störfall – Harrisburg« der KWU vom 3. Mai 1979
- der Bericht des amerikanischen Atomic Industriel Forum über den Störfall in Harrisburg anläßlich der Nuclear Power Assembly am 8. und 9. Mai 1979 in Washington
- das Interview mit N. C. Rasmussen in Der Spiegel Nr. 20/1979
- die Berichte über den Störfall in Harrisburg in der Zeitschrift »atomwirtschaft« vom Mai (Dokumentation über Störfallablauf und Maßnahmen), Juni (M. Levenson) und Dezember 1979 (S. Goswani und A. Ziegler sowie W. Belda und G. Hahn).

• Erstmals wurden Maßnahmen für die Bevölkerung in der Umgebung eines Kernkraftwerks ergriffen: Schließung von Schulen, Empfehlungen an Schwangere und Kleinkinder, sich aus einem Umkreis von 8 km zu entfernen, Empfehlungen an Einwohner im Umkreis von 15 km, zeitweise in den Häusern zu bleiben, Vorbereitungen für eine etwaige Evakuierung im Umkreis bis zu 35 km.

5.2.5.1. Ablauf der Störung

Bei 98% Vollast fielen alle drei Pumpen der Hauptspeisewasserversorgung wegen einer Störung in der Kondensatvollreinigung aus. Dies führte zum Turbinenschnellschluß. Nach Öffnen des Abblaseventils am Druckhalter erfolgte bereits nach 12 sec. der Reaktorschnellschluß. Während die Störung insoweit nicht sicherheitstechnisch als »größerer Störfall« zu betrachten war und die Sicherheitseinrichtungen normal funktionierten, traten im weiteren Ablauf z. T. durch Bedienungsfehler verursachte Ereignisse auf, die zeitweise zu mangelhafter Kühlung und damit zu Hüllrohrschäden der Brennelemente und somit zum Austritt radioaktiver Spaltprodukte in das Primärkühlwasser führten.

Nachdem wegen des nicht wieder schließenden Abblaseventils mehr als 40000 l Wasser aus dem Primärkreislauf in den Sicherheitsbehälter flossen und zum Schutz von Sicherheitseinrichtungen weiter in einen Lagertank im Hilfsanlagengebäude außerhalb des Containments gepumpt wurden, traten von dort radioaktive Edelgase in die Umgebung aus, die zwar noch in 65 km Entfernung festgestellt wurden, aber weit unter der höchstzulässigen Konzentration blieben. Da die Kapazität des Abwasserreinigungssystems nicht ausreichte, wurde radioaktives Wasser in den Susquehanna-Fluß abgegeben. Bei drei Arbeitern wurde eine etwas über der zulässigen Vierteljahresdosis von 3 rem liegende Bestrahlung festgestellt, bei 12 anderen eine wesentlich niedrigere.

Eine bedenkliche Komplikation ergab sich aus der unerwartet im Reaktordruckbehälter entstandenen Gasblase, die aus Wasserstoff, entstanden aus einer Zirkaloy-Wasser-Reaktion, und aus gasförmigen Spaltprodukten bestand. Da erwartet wurde, daß sich diese Gasblase bei einer Abkühlung ausdehnt, durfte der Reaktor am 30. März nicht in den kalten Zustand überführt werden. Die Gasblase konnte vielmehr erst bis zum 2. April gefahrlos beseitigt werden.

Im nachfolgenden Kasten findet sich Näheres zum Ablauf der Störung. Der Verfasser dankt Herrn U. Waas, Erlangen, für den Text und die Abbildung.

Ablauf des Harrisburg-Störfalls am 28. März 1979
(Zur Erläuterung siehe Abb. 88; Ziffern im Text verweisen auf Teile dieser Abbildung)

Durch eine *Störung der Kondensatförderung* ① im Sekundärkreislauf wurde die Einspeisung von Wasser in die Dampferzeuger unterbrochen. Der Ausfall der Speisewasserförderung hat bei einem Sekundärkreislauf wie TMI normalerweise als Folge: die Dampferzeuger beginnen auszudampfen, und die Schnellabschal-

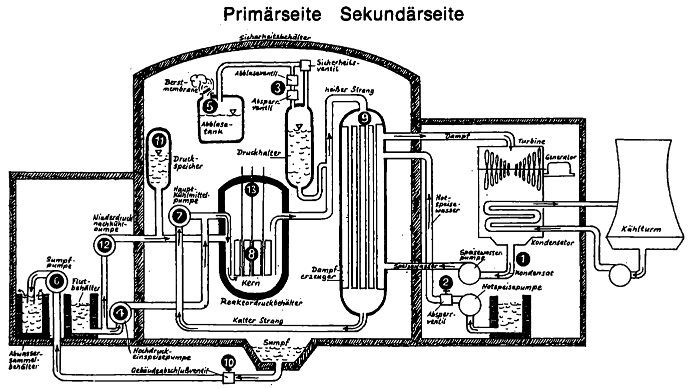


Abb. 88: Schema des KKW Three Mile Island 2

Normalbetrieb: Bei der Kettenreaktion wird im Kern Wärme produziert, durch die das umgebende Wasser aufgeheizt wird. Da von der Hauptkühlmittelpumpe kälteres Wasser unten in den Kern gedrückt wird, strömt das heißere Kühlmittel zu den Dampferzeugern (DE). In dem Primärkreis herrscht so hoher Druck (ca. 150 bar), daß das Kühlmittel auch bei Temperaturen bis 320 °C nicht verdampft. Im DE wird die Wärme an einen zweiten Kreislauf (Sekundärkreislauf) abgegeben, der unter niedrigerem Druck steht und wo deshalb das Wasser verdampft. Der Dampf wird auf eine Turbine geleitet, danach mit kaltem Wasser aus einem Kühlturm kondensiert und als Speisewasser wieder in die DE zurückgefördert.

Der Druck im Primärkreis wird über den Druckhalter (DH) kontrolliert. Dort wird das Wasser elektrisch zusätzlich aufgeheizt, bis durch Verdampfen oben im DH eine Dampfblase für den gewünschten Druck sorgt. Da sich Dampf leicht ausdehnt bzw. zusammendrücken läßt, können über Vergrößern bzw. Verkleinern der Blase Volumenänderungen des Kühlwassers ausgeglichen werden.

tung der Turbine wird ausgelöst. Bei zu niedrigem Wasserstand im Dampferzeuger springen dann automatisch die Notspeisepumpen an. Soweit verlief auch die Störung in TMI normal.

Bei einer vorhandenen Funktionsprüfung der Notspeisepumpen war aber vergessen worden, zwei für die Prüfung *geschlossene* Absperrventile wieder zu öffnen ②. Dadurch konnten auch die Notspeisepumpen nicht einspeisen, und die Dampferzeuger dampften weiter aus.

Erschwerend kam hinzu, daß das *Abblaseventil* am Druckhalter bei fallendem Druck *nicht wieder schloß* und damit ständig Wasser aus dem Druckhalter verdampfte ③. Für diesen Fall ist in der Leitung des Abblaseventils noch ein *Absperrventil* vorgesehen, das von der Warte aus fernbedient geschlossen werden kann, aber hier *nicht geschlossen wurde.*

Durch das offene Ventil und die Abkühlung beim Ausdampfen der Dampferzeuger fiel der Druck im Primärkreislauf innerhalb von zwei Minuten unter 110 bar (Betriebsdruck 154 bar). Bei Unterschreiten dieses Druckes wurden automatisch die Hochdruck-Einspeisepumpen ④gestartet, um Wasser in den Primärkreis nachzufüllen. Diese Pumpen werden in TMI allerdings auch zur Druckprobe des Primärkreises eingesetzt und haben aus diesem Grund einen hohen maximalen Förderdruck (ca. 210 bar). Sie müssen deshalb, wenn sie bei einem Störfall gestartet wurden, rechtzeitig wieder abgeschaltet werden, um zu verhindern, daß der Druck im Primärkreis zu stark steigt, die Abblase- oder Sicherheitsventile mit Wasser aufgedrückt und möglicherweise beschädigt werden.

Bei offenem Abblaseventil war im Druckhalter der Druck so niedrig, daß Wasser aus dem übrigen Primärkreis in den Druckhalter strömte, während sich an anderen Stellen Dampfblasen bildeten. Aus dem dadurch hervorgerufenen hohen Wasserstand im Druckhalter zog das Wartungspersonal fälschlicherweise den Schluß, der Primärkreis sei hinreichend mit Wasser gefüllt, und schaltete die *Hochdruck-Einspeisepumpen* nach wenigen Minuten *wieder aus.* (Ohne Offenbleiben des Abblaseventils wäre dieser Schluß richtig gewesen!)

Nach ca. acht Minuten war durch Öffnen der Absperrventile die Notspeisewasserversorgung der Sekundärseite wieder hergestellt. Über diese wurde Wasser im oberen Teil der Dampferzeuger gegen die Wärmetauscherrohre gesprüht, die dann wieder einen Teil der Kühlung des Primärkreises übernahmen. Der andere Teil der Wärme wurde aber weiterhin über das offene Abblaseventil am Druckhalter abgegeben. (Da die Versorgung mit Notspeisewasser etwa zu dem Zeitpunkt wieder einsetzte, in dem die Dampferzeuger leergedampft waren, hatte der Fehler »geschlossene Absperrventile« technisch kaum Auswirkungen.)

Als Folge des ständigen Abblasens aus dem Druckhalter in den

Abblasetank stieg dort der Druck soweit, daß 15 Minuten nach Störfalleintritt über eine dafür vorgesehene *Berstmembrane eine Druckentlastung* ⑤ des Tanks in den Sicherheitsbehälter erfolgte. Dabei sammelte sich das ausgetretene radioaktive Wasser an der tiefsten Stelle, dem Gebäudesumpf. Der Druck im Sicherheitsbehälter stieg aber nicht soweit an, daß automatisch durch Ventile alle Leitungen aus dem Sicherheitsbehälter nach außen abgesperrt wurden *(kein »Gebäudeabschluß«).* Eine selbsttätig angesprungene Pumpe ⑥ zur Gebäudeentwässerung (»Sumpfpumpe«) konnte deshalb im folgenden das Wasser in einen Abwassersammelbehälter in einem anderen Gebäude befördern. Das *Überlaufen dieses Behälters* führte dort zu einer Überschwemmung, bei der die im Wasser gelösten radioaktiven Edelgase freigesetzt wurden, von denen der größte Teil der Umgebungsbelastung herrührte.

Ca. 1½ Stunden nach Störfalleintritt wurden die *Hauptkühlmittelpumpen ausgeschaltet* ⑦ – vermutlich wegen der Befürchtung, daß die durch Dampfblasenbildung hervorgerufenen Wasserschläge in den Pumpen (Kavitation) zu Schäden führen könnten. Bis dahin hatten die Pumpen noch soviel Wasser aus dem tiefer liegenden Teil der Dampferzeuger in den Reaktordruckbehälter gefördert, daß der Kern ⑧ genügend bedeckt war und die Kühlung durch Verdampfen ausreichte. Nach dem Ausschalten der Pumpen strömte Wasser in die tiefer liegenden Dampferzeuger zurück, so daß in kurzer Zeit ein großer Teil des Kerns trocken lag.

Der im unteren Bereich des Kerns gebildete Dampf reichte zur Kühlung des oberen Teils dann nur noch soweit aus, daß zwar ein Schmelzen, aber nicht eine teilweise Überhitzung verhindert wurde. Die Überhitzung führte zu Schäden an den Brennelement-Hüllrohren mit Austreten von radioaktiven Spaltprodukten in den Primärkreislauf und zur chemischen Reaktion zwischen dem Hüllrohr-Material und Wasserdampf. (Dabei wird der Sauerstoff des Wassers durch Oxydation gebunden und nur Wasserstoff freigesetzt.)

Die Ansammlung einer Wasserstoffblase im obersten Teil des Primärkreises ⑨ – im oberen Teil der Dampferzeuger und dem darüber liegenden Rohrbogen – behinderte außerdem immer stärker das Abströmen von Dampf aus dem Reaktordruckbehälter in die Dampferzeuger. Der *Dampf-Wasser-Naturumlauf fiel damit in der folgenden Zeit weitgehend aus* und ließ sich auch dann nicht wiederherstellen, als die Hochdruck-Einspeisepumpen zeitweise wieder eingeschaltet wurden und der Kern höher mit Wasser bedeckt war. (Naturumlauf: der kondensierte Dampf sammelt sich im Dampferzeuger, die dadurch gebildete kältere – schwerere – Wassersäule fließt in den Reaktordruckbehälter, wo das Wasser wieder verdampft wird.) So blieb praktisch nur noch die Kühlung durch Ausströmen des Dampfes über den Druckhalter übrig.

Erst 2¼ Stunden nach Störfallbeginn wurde das Absperrventil

des Druckhalterabblaseventils geschlossen. Nach dem Ausfall der Umlaufkühlung führte dies allerdings nur dazu, daß der Druck im Primärkreis mehrmals so hoch stieg, bis sich die Sicherheitsventile am Druckhalter vorübergehend öffneten. Dabei wurden jeweils auch Radionuklide in den Sicherheitsbehälter abgegeben, die nach der Beschädigung der Hüllrohre ins Kühlwasser gelangt waren.

Fünf Stunden nach Störfalleintritt stieg schließlich der Druck im Sicherheitsbehälter so hoch an (ca. 0,3 bar Überdruck), daß automatisch aus dem Sicherheitsbehälter hinausführende Leitungen ⑩ geschlossen wurden (Gebäudeabschluß). Damit wurde auch die Sumpfpumpe abgeschaltet.

Aus der gegenüber der Reaktoreintrittsleitung (»Kalter Strang«) sehr viel höheren Temperatur in der Reaktoraustrittsleitung (»Heißer Strang«) schloß die Betriebsmannschaft 7½ Stunden nach Störfalleintritt, daß praktisch keine Kühlung durch Naturumlauf stattfand. Sie startete die Hochdruckeinspeisung und öffnete das Abblase-Absperrventil wieder. Durch verstärktes Abdampfen und Einspeisen von kaltem Wasser wurde die Kühlung so verbessert, daß der Druck im Primärkreis allmählich wieder absank. Beim Abblasen wurden außerdem größere Mengen an Wasserstoff in den Sicherheitsbehälter abgegeben. Eine Druckspitze im Sicherheitsbehälter (ca. 2 bar) 10 Stunden nach Störfalleintritt deutete darauf hin, daß der Wasserstoff örtlich verpuffte.

Aber erst 10½ Stunden nach Störfalleintritt sank der Druck im Primärkreis soweit, daß zusätzlich aus den Druckspeichern ⑪ genügend kaltes Wasser in den Primärkreis eingespeist wurde, um den Kern wieder ganz zu bedecken. (Druckspeicher sind Wasservorratsbehälter, in denen das Wasser durch Stickstoffgas unter einem Druck von etwa 40 bar gehalten wird; ist der Druck im Primärkreis niedriger, speisen sie automatisch Wasser ein.) Wegen der Wasserstoffblase im Dampferzeuger kam auch dann praktisch noch keine Umlaufkühlung in Gang.

In den folgenden Stunden wurde zuerst versucht, das Niederdruck-Nachkühlsystem ⑫ einzuschalten. Dies gelang anscheinend wegen des noch zu hohen Druckes im Primärkreislauf nicht. Da die Druckspeicher in TMI nicht in den heißen Strang einspeisen, konnte vermutlich nicht genügend Dampf kondensiert werden, um den Druck auf Betriebsdruck des Niederdruck-Nachkühlsystems zu senken. Etwa 16 Stunden nach Störfalleintritt gelang es dann, eine Hauptkühlmittelpumpe wieder zu starten, die eine Umlaufkühlung durch einen Dampferzeuger erzwang. In diesem Zustand konnte im folgenden die Anlage stabilisiert werden.

Am folgenden Tag wurde festgestellt, daß sich unter dem Deckel des Reaktordruckbehälters ⑬ eine Gasblase befand, die nicht auskondensierte (größtenteils wohl Wasserstoff). Bei dem an sich vorgesehenen Absenken des Druckes im Primärkreis bestand deshalb die Gefahr, daß sich durch die Druckverminderung die Blase

ausdehnen und die inzwischen erreichte Umlaufkühlung wieder unterbrechen könnte. Andererseits wurde zuerst befürchtet, daß bei längerem Beibehalten dieses Zustandes sich durch Radiolyse Sauerstoff im Primärkreis bilden könne, der zusammen mit dem Wasserstoff ein explosionsfähiges Gemisch ergeben kann. In den folgenden Tagen zeigte sich aber, daß durch den großen Wasserstoff-Überschuß im Primärkreis der entstehende Sauerstoff praktisch sofort wieder gebunden wurde und deshalb die Sauerstoff-Konzentration kaum anstieg, was bei dem vorhandenen Druck und der herrschenden Temperatur auch zu erwarten war.

Da sich außerdem Wasserstoff bei hohem Druck gut in Wasser löst, konnte man durch Abziehen von Wasser aus dem Primärkreis und Einsprühen in den Druckhalter allmählich das Wasserstoffgas vom Reaktordruckbehälter in den Druckhalter befördern. Von dort wurde es in den Sicherheitsbehälter abgegeben. Aus diesem wurde dann der Wasserstoff schließlich durch außen am Sicherheitsbehälter angebrachte Rekombinatoren entfernt (Anlagen zur kontrollierten Verbindung von Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser). Damit war die Anlage praktisch endgültig unter Kontrolle. Die Menge des gebildeten Wasserstoffs deutete darauf hin, daß ein Großteil des Kerns über relativ lange Zeit nur mit Dampf statt mit Wasser gekühlt wurde.

5.2.5.2 Auswirkungen der Störung

Insgesamt sind die Auswirkungen in der Umgebung relativ klein geblieben, da der größte Teil der Radioaktivität durch den Sicherheitsbehälter zurückgehalten und freigesetztes Jod in den Abluftfiltern absorbiert wurde. Nach Angaben des Gesundheitsministeriums der USA und der Aufsichtsbehörde für Kernkraftwerke (NRC) erreichte bei Beendigung des Störfalls die »Kollektivdosis« 3500 rem. Die höchste Dosis für eine Einzelperson wurde auf höchstens 80 und wahrscheinlich 50 mrem veranschlagt (dies entspricht etwa der Belastung durch zwei Schirmbilduntersuchungen). In der betroffenen Bevölkerung (80 km Umkreis) ist nach den gleichen amtlichen Quellen mit weniger als einem zusätzlichen Krebsfall während der nächsten 40 Jahre zu rechnen (bei insgesamt etwa 325000 Krebsfällen, die normalerweise im gleichen Zeitraum statistisch zu erwarten sind).

Entgegen anderslautenden Meldungen hat in den fünf Counties um den Reaktor Three Mile Island weder die Säuglingssterblichkeit zugenommen noch die Zahl der Fehlgeburten als

möglichen Folgen der seelischen Belastung der Schwangeren. Wie das Pennsylvania Health Department mitteilte, gebe es keine Anzeichen dafür, daß eine aus dem Störfall resultierende Strahlenbelastung zu einem Anstieg oder auch zu einem Abfall der Kindersterblichkeit beigetragen habe oder haben könnte[40a].

Da im wesentlichen Edelgase freigesetzt wurden, kann eine Anreicherung über Nahrungsketten und damit eine zukünftige Verstärkung der Wirkung ausgeschlossen werden. Von dem freigesetzten Jod konnten zwar Spuren in Milch nachgewiesen werden. Die gemessenen Werte lagen aber um den Faktor 10 unter den Werten, die nach den letzten chinesischen Kernwaffenversuchen gemessen wurden, und einen Faktor 600 unter den in den USA zugelassenen Werten.

Für die nachträgliche psychologische Wertung der Ereignisse in Harrisburg ist die am 2. Mai 1979 abgegebene Erklärung des von der Nuclear Regulatory Commission (NRC) dorthin entsandten Experten Roger Mattson von Interesse, entgegen den Verlautbarungen wäre zu keiner Zeit eine gefährliche Gasexplosion zu befürchten gewesen, eben jenes unheilvolle Ereignis, das mehrere Tage lang als möglich ja sogar als wahrscheinlich vorausgesagt wurde und damit die Welt in Atem hielt. Der Leiter der nach dem Störfall eingesetzten Advisory Group, Milton Levenson, bestätigte diese Feststellung am 9. Mai 1979 auf der ENC '79 in Hamburg. Der Reaktorunfall habe nicht entfernt die Grenzen einer Katastrophe erreicht. Es hätte mehrere Tage gedauert, bis die NRC-Leute davon überzeugt werden konnten, daß eine Explosion wirklich unmöglich war. Die NRC hätte sicherlich dem Gouverneur, der zu entscheiden hatte, ob er eine freiwillige Evakuierung empfehlen sollte oder nicht, eine ungerechtfertigte Verantwortung aufgehalst.

Das Innere des Sicherheitsbehälters des Reaktors wurde vom 29. Juni 1980 an während 13 Tagen, übrigens ohne nennenswerte Strahlenbelastung für die Bevölkerung, »entlüftet«. Nur an einer Umgebungsstelle erreichte die Belastung 1% des maximal zulässigen »Ganzkörper«-Wertes und 4% des maximal zulässigen »Haut«-Wertes. Besonders wurde darauf geachtet, daß keine Gefahr von dem dabei freigesetzten Krypton 85 ausgeht. Kurze Zeit nach der Entlüftung wurde das Containment erst-

[40a] Zur Widerlegung der Behauptungen von E. J. Sternglass: M. Paschke, Kindersterblichkeit in Pennsylvania vor und nach dem TMI-2-Störfall, atomwirtschaft, 5/1980, S. 239.

malig von zwei Ingenieuren in Schutzanzügen wieder betreten. Seitdem ist das Reaktorgebäude noch mehrere Male begangen worden. Äußerlich erkennbare Schäden wurden am Reaktordruckbehälter nicht festgestellt.

Das noch vom Präsidenten J. Carter eingesetzte Nuclear Safety Oversight Committee empfahl dem neuen Präsidenten R. Reagan im Februar 1981, den Reaktor beschleunigt zu dekontaminieren und zur Abdeckung der Kosten, die nicht vom Betreiber oder der Versicherung getragen werden, Zuschüsse aus öffentlichen Mitteln oder Kreditbürgschaften zu geben. Nach dem im März 1981 veröffentlichten Bericht der Nuclear Regulatory Commission (NRC) wird die Reinigung dieses Kraftwerkblockes in fünf bis neun Jahren – gerechnet vom Störfalleintritt am 28. März 1978 – beendet sein und die gesamte Reinigungsmannschaft kollektiv mit schätzungsweise 2000 bis 8000 rem belasten. Diese Strahlenexposition läßt keinen zusätzlichen Krebstodesfall erwarten.

5.2.5.3 Fragen, die Harrisburg aufwirft

Drei Fragen stehen im Vordergrund:

- Kann ein vergleichbarer Unfall auch bei einem deutschen Kernkraftwerk geschehen?
- Ist etwas bei der Konstruktion von Kernkraftwerken in der Bundesrepublik übersehen worden?
- Wird der Störfall in Harrisburg in den bisherigen Risikoanalysen berücksichtigt?

(1) *Welche sicherheitsrelevanten Unterschiede bestehen zwischen amerikanischen und deutschen Kernkraftwerken?*

Eine Reihe von Unterschieden in der Auslegung machen einen vergleichbaren Störfall bei einem deutschen Kernkraftwerk sehr viel unwahrscheinlicher:

- Wegen des größeren Wasserinhalts der deutschen Dampferzeuger verläuft die Betriebsstörung bei einem Ausfall der Speisewasserversorgung langsamer.
- Bei der automatisch eingeleiteten schnellen Leistungsdrosselung des Reaktors im Falle eines Speisewasserausfalls steigt der Druck im Primärkreis langsamer und weniger hoch. Deshalb öffnet sich das Abblaseventil am Druckhalter in der Regel gar nicht erst.
- Ein zusätzlicher Ausfall der Notspeisewasserversorgung, der dann zum Öffnen des Abblaseventils führen würde, ist unwahrscheinlich, weil die Notspeisewasserversorgung anders ausge-

legt ist. Es gibt vier voneinander unabhängige Notspeisestränge, deren Absperrventile automatisch vom Reaktorschutz aufgefahren und deren Pumpen über jeweils eigene, schnellstartende Diesel angetrieben werden. Davon reicht ein Strang aus, um die Nachzerfallswärme abzuführen. Zwei reichen, um zusätzlich die Anlage schnell abzukühlen. Darüber hinaus gibt es noch eine verbunkerte Notstands-Speisepumpe, die gegebenenfalls die Notspeisewasserversorgung übernehmen kann.

- Sollte es dennoch zu einem Öffnen des Abblaseventils am Druckhalter kommen, so wird das zugehörige Absperrventil automatisch zugefahren, wenn das Abblaseventil offenbleibt und der Druck wieder gesunken ist. Mit dieser Vorrichtung hätte sich die Betriebsstörung in Harrisburg gar nicht erst zu einem Störfall entwickelt.
- Die Hochdruck-Sicherheitseinspeisepumpen sind in deutschen Anlagen vierfach vorhanden (zwei reichen zur Einspeisung), und zwar mit getrennten Einspeisesträngen. Sie werden nur für die Notkühlung eingesetzt und sind deshalb nur für einen maximalen Förderdruck von 110 bar ausgelegt, bei dem die Ventile im Druckhalter nicht aufgedrückt werden können. Somit brauchen sie auch nicht bei steigendem Wasserstand abgeschaltet zu werden.
- In deutschen Anlagen ist bei derartigen Störfällen ein schnelles Abfahren der Anlage vorgeschrieben. Damit wäre zu dem Zeitpunkt, zu dem in Harrisburg vermutlich die ersten Schäden am Kern eintraten, eine deutsche Anlage bereits weitgehend abgekühlt gewesen.
- Der Gebäudeabschluß wird zusammen mit der Notkühlung ausgelöst oder unabhängig davon auch bei einem Zehntel des Druckanstiegs im Sicherheitsbehälter, der in Harrisburg zur Auslösung notwendig war. Dies hätte ein Abpumpen aus dem Sicherheitsbehälter und damit das Freisetzen von Radioaktivität verhindert.
- Die gegenüber dem Reaktordruckbehälter wesentlich höhere Lage der Dampferzeuger sorgt dafür, daß bei Wasserverlust im Primärkreis das Wasser auch ohne laufende Hauptkühlmittelpumpen aus dem Dampferzeuger in den Reaktordruckbehälter strömt.

Nach alledem ist festzustellen: ein Ereignisablauf ähnlich »folgenschwer wie in Harrisburg« wäre in einem deutschen Kernkraftwerk nur bei mehreren zusätzlichen unwahrscheinlichen Ausfällen von Maschinen und menschlichen Fehlern

denkbar gewesen. Übrigens hätte sich auch in Harrisburg der Störfall zumindest in den ersten 90 Minuten jederzeit beherrschen lassen, wenn man nach der Grundregel verfahren wäre: Wasser einspeisen und Wärme abführen.

(2) *Wurde bei den deutschen Sicherheitsvorkehrungen etwas übersehen?*

Die Bildung von Wasserstoff durch Reaktion des Hüllrohrmaterials mit Wasser bei Überhitzen des Kerns ist seit langem bekannt und untersucht, so z.B. in den Leitlinien der Reaktorsicherheitskommission von 1974. Die Entwicklung besonders zuverlässiger Notkühlsysteme diente gerade dem Ziel, die Überhitzung des Kerns und damit die Bildung von Wasserstoff gar nicht erst zuzulassen.

(3) *Wird der Störfall in Harrisburg in den bisherigen Risikoanalysen berücksichtigt?*

Die deutsche Risikostudie befaßt sich eingehend mit Harrisburg. Sie stellt fest, daß sich dieser Störfall durchaus in die seit langem in Deutschland vorgenommenen Risikoanalysen einordnen läßt:

- Störfallbestimmend war ein kleines Leck im Hauptkühlmittelsystem (Druckhalter).
- Trotz schwerer Schäden im Reaktorkern sind keine objektiven gesundheitlichen Schäden in der Umgebung durch Austreten radioaktiver Stoffe verursacht worden.
- Das Eintreten eines solchen Störfalles nach weltweit zweitausend Reaktorbetriebsjahren ist durchaus mit den in der deutschen (wie auch in der älteren amerikanischen) Risikostudie errechneten Eintrittswahrscheinlichkeiten zu vereinbaren.
- Entgegen oft vertretener Auffassung hat der Störfall von Harrisburg die bisherigen Annahmen über das nukleare Risiko auch und gerade im Hinblick auf die Beherrschbarkeit schwerer Störfälle bestätigt.

Auch der soeben veröffentlichte Bericht der vom amerikanischen Präsidenten eingesetzten Untersuchungskommission zieht Folgerungen aus dem Unfall primär auf den Gebieten der Personalausbildung, der Katastrophenplanung und der Behördenorganisation und nicht im Bereich der schweren Störfälle.

5.2.6 Konsequenzen aus Harrisburg/Reaktorsicherheitsprogramme

(1) Der Unfall in Harrisburg hat jenseits und diesseits des Atlantik zu einer Überprüfung der Sicherheitsvorkehrungen und der Genehmigungspraxis Anlaß gegeben. In den USA wurde schon am 11. April 1979 eine elfköpfige Sonderkommission unter der Leitung von J. G. Kemeny (Dartmonth College) eingesetzt, die am 30. Oktober 1979 den erbetenen Bericht vorlegte. Der Vorschlag eines Kernkraftmoratoriums hatte nicht die erforderliche Mehrheit gefunden. Der Bericht empfiehlt aber eine »Pause« für weitere Bau- und Betriebsgenehmigungen, während der die Erfahrungen aus dem Störfall in Harrisburg ausgewertet werden sollen. Hiervon sind vier zur Inbetriebnahme bereite Kernkraftwerke betroffen. Präsident J. Carter sagte zu, daß diese Pause vom 7. Dezember 1979 ab gerechnet nicht länger als sechs Monate dauern soll. Tatsächlich wurde bereits am 28. Februar 1980 erstmalig wieder seit Ende März 1979 eine Betriebsgenehmigung – für das Kernkraftwerk Sequoyah 1 – von der NRC erteilt.

(2) Die deutsche Bundesregierung einigte sich am 16. Mai 1979 auf einen Bericht zur Bewertung des Störfalls im Kernkraftwerk Harrisburg, der ein Programm zur Überprüfung der Sicherheitsvorkehrungen empfiehlt. Dieses Programm sieht im einzelnen vor: verstärkte Maßnahmen zur Störfallverhinderung und Begrenzung von Störfallfolgen, insbesondere durch Reaktorsicherheitsforschung und Analyse der Wechselbeziehungen zwischen Kernkraftwerk und Bedienungspersonal; verbesserte Notfallschutzplanung; weitere Untersuchung der Vor- und Nachteile einer unterirdischen Bauweise; intensivere Erforschung möglicher Vorsorgemaßnahmen im Falle eines Kernschmelzunfalls und wirksamere und verständlichere Unterrichtung der Bevölkerung über Nutzen und Risiken der Kernkraftwerke einschließlich der Aufklärung über das Verhalten in Notfällen.

In der Erkenntnis, daß die deutschen Sicherheitsregeln von den amerikanischen abweichen – und wohl auch strenger sind – wurde eine Schließung von Kernkraftwerken oder ein Genehmigungsstop abgelehnt. Nach dem im Mai 1981 vom Bundesminister des Inneren vorgelegten Abschlußbericht über Analyse und Konsequenzen aus Harrisburg hat dieser bisher schwerstwiegende Störfall bei allen im Betrieb und im Bau befindlichen

gleichartigen deutschen Kernkraftwerken zu Verbesserungen sicherheitstechnischer Details geführt, jedoch keine grundsätzlichen Konsequenzen für das Sicherheitskonzept erforderlich gemacht.

(3) Auch die Erfahrungen in Harrisburg haben gezeigt, daß vorsorgliche Maßnahmen für den Katastrophenschutz wesentlich zu einer Verminderung der Folge eines Nuklearunfalls beitragen könnten. Bei einem solchen Unfall trifft den Betreiber der kerntechnischen Anlage eine erste Verantwortung. Aufgrund der atomrechtlichen Genehmigung ist er zu Vorsorge- und Schutzmaßnahmen verpflichtet, die in dem sogenannten Atomplan zusammengefaßt sind. Parallel damit läuft die behördliche Katastrophenschutzplanung in der Verantwortung der nach Landesrecht zuständigen Stellen, an die der Bundesminister des Inneren schon im Oktober 1977 »Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen« richtete. Von nicht zu unterschätzender psychologischer Brisanz ist die Frage, ob und mit welchen Details diese Pläne offengelegt werden. Auch hier ist eine Entscheidung gefallen. Die ständige Konferenz der Innenminister empfiehlt den Ländern in ihren Leitsätzen vom 10. Februar 1978, über die Katastrophenschutzpläne die Öffentlichkeit zu unterrichten, insbesondere über Zonen, Alarmstufen, Meßdienste und Schutzmaßnahmen bis hin zu den berühmten Jod-Tabletten, denen die Presse besondere Aufmerksamkeit geschenkt hat.

(4) Verständlicherweise hat Harrisburg auch zu der Forderung geführt, die Kriterien und Maßnahmen zur Reaktorsicherheit international aufeinander abzustimmen. Der Fachmann registriert mit Erstaunen, daß die bedrückende Erkenntnis, Strahlenschäden kennen keine Grenzen, nicht wenigstens zu einer Koordinierung auf dem Gebiete der Reaktorsicherheit im Rahmen der hier mit allerdings nur geringen Vollmachten ausgestatteten Europäischen Atomgemeinschaft geführt hat. Der Grund ist recht simpel: Der Widerstand gegen die Kernenergie ist in den anderen EG-Ländern, vor allem in Frankreich, Belgien, Großbritannien und Italien geringer, z.T. weitaus geringer als bei uns. Als Konsequenz dieser gravierenden Unterschiede in der Akzeptanzbereitschaft spüren unsere Nachbarländer kaum Neigung, die Europäische Gemeinschaft zum Diskussionsforum für Fragen der Reaktorsicherheit zu machen in der Befürchtung, daß die nach ihrer Auffassung

übertrieben negative deutsche Akzeptanzbereitschaft sich auch bei ihnen durchsetzen wird. Wohlgemerkt gilt dies gegenüber den EG-Partnern, nicht aber gegenüber der Schweiz und Österreich.

Nach Harrisburg erklärte der Bundeskanzler auf der European Nuclear Conference (ENC '79) am 7. Mai 1979 in Hamburg, die Bundesregierung trete dafür ein, über die im Rahmen von INFCE laufenden Bewertungen des Brennstoffkreislaufs hinaus eine internationale, von den Regierungen der Staaten herbeigeführte Konferenz zur Reaktorsicherheit abzuhalten. Wir brauchen, so der Bundeskanzler, international gemeinsame technische Sicherheitsstandards für Kernkraftwerke und auch gemeinsame Ausbildungs- und Bedienungsregelungen. Dieser Vorschlag ist von deutscher Seite mehrfach wiederholt worden – mit einer bescheidenen Folge: Nachdem auf dem Wirtschaftsgipfel am 28./29. Juni 1979 in Tokio vereinbart worden war, der IAEO eine »Schlüsselrolle« auf dem Gebiet der Reaktorsicherheit zuzuweisen (Ziffer 3, Abs. 3 der Schlußerklärung), beschloß der Gouverneursrat der IAEO im September 1979, die mit der Sicherheit von Kernkraftwerken verbundenen Fragen künftig noch eingehender zu untersuchen, und zwar in weltweiter Zusammenarbeit der Staaten aus West und Ost und der Schwellenländer (vgl. atomwirtschaft Nr. 10/79). Mehr ist bislang nicht geschehen.

(5) Als sich das Bundesministerium für Bildung und Wissenschaft am 17. August 1970 entschloß, die Entscheidung über die Genehmigung der Errichtung des Kernkraftwerks auf dem Gelände der BASF in Ludwigshafen für zwei Jahre zurückzustellen, weil die Voraussetzungen der Genehmigung eines Standortes mitten in einer Stadt (noch) nicht als erfüllt angesehen werden konnten, kündigte der damalige Bundesminister H. Leussink an, die sicherheitstechnischen Anforderungen an Kernkraftwerke in Großstadtnähe sollten zunächst nochmals eingehend erforscht werden. Mit dieser Zielsetzung legte am 9. August 1972 sein Nachfolger K. v. Dohnanyi der Bundesregierung ein mit rund 180 Mio DM zu dotierendes *Sicherheitsforschungsprogramm* vor, das weitgehend in dem Anfang 1973 erstmals im Entwurf vorgelegten und Anfang 1974 verabschiedeten Vierten Atomprogramm der Bundesrepublik aufgegangen ist. Insgesamt wurden für den Fünfjahreszeitraum 1972 bis 1976 Finanzmittel für diese Zwecke in Höhe von 320 Mio DM bereitgestellt, auszugeben zu einem Viertel innerhalb der Zentren und

zu drei Vierteln außerhalb. Sechs Schwerpunktprojekte sind genannt:
- die Bestimmung der Auswirkungen von Kühlmittelverlust-Störfällen (Loft-Versuche),
- die Erprobung von Notkühleinrichtungen[40b],
- der Schutz gegen äußere Einwirkungen,
- die Sicherheitsbeurteilung des Primärkreislaufs,
- Integraltests von Sicherheitseinrichtungen,
- eine Diskussion der Vorgänge beim Niederschmelzen eines Reaktorkerns.

In dieser Reihe kommt dem letztgenannten Schwerpunkt, dem Forschungsprojekt Kernschmelzen, besondere Bedeutung zu. Hier soll die Wirksamkeit der vorhandenen Barrieren verbessert werden, insbesondere bei Überdruckversagen und beim Durchschmelzen. Andere Untersuchungen gelten der Dampfexplosion, der Wasserstoff-Deflagration und der Betonzerstörung beim Kernschmelzunfall.

Die Etatansätze wurden seitdem erhöht. Unter Berücksichtigung der im Juli 1978 beschlossenen Finanzplanung wurde das Programm der Bundesregierung »Forschung und Sicherheit von Leichtwasser-Reaktoren« für den Vierjahreszeitraum 1977 bis 1980 mit 580 Mio DM dotiert; für 1981 und 1983 sind insgesamt weitere 400 Mio DM an Mitteln vorgesehen. Bei der Bekanntgabe dieses erweiterten Reaktorsicherheitsprogramms am 16. August 1978 nannte der Bundesminister für Forschung und Technologie drei Ziele: Das Restrisiko von Störfällen soll weiter eingeengt werden. Die mittlere Strahlenbelastung soll soweit wie möglich die zulässigen lokalen Werte unterschreiten, die in der Strahlenschutzverordnung enthalten sind. Das Personal, das mit Wartung und Reparatur beschäftigt ist, solle noch mehr vor Strahlenbelastung geschützt werden. Im Rahmen dieser umfassenden Zielsetzung werden insbesondere auch die Folgen von Flugzeugabstürzen auf Kernkraftwerke untersucht. Andere Projektgruppen beschäftigen sich mit den möglichen Abläufen und Auswirkungen von Störfällen bei Kühlmittelverlusten, bei Schäden an Behältern und beim Schmelzen des Kerns.

Diese Projekte betreffen Leichtwasser-Kraftwerke. Entspre-

[40b] Im Juni 1981 bekanntgegebene Ergebnisse von Kühlexperimenten im Kernforschungszentrum Karlsruhe zeigen, daß die Notkühlung von Druckwasserreaktoren auch in unfallbedingten Extremfällen noch ausreichende Wärmeabfuhr gewährleistet.

chende Sicherheitsprobleme bei Schnellen Brutreaktoren und bei Hochtemperatur-Reaktoren werden unabhängig davon im Rahmen der Prototypenentwicklungen für diese Linie behandelt.

5.2.7 Reaktorsicherheit als grenzüberschreitendes Problem

(1) Es wurde schon darauf hingewiesen, daß die weithin verbreitete Befürchtung, durch schwere Nuklearfälle in Nachbarländern bedroht zu sein, zu keiner auch nur halbwegs adäquaten internationalen Abstimmung über Reaktorsicherheitsfragen geführt hat. Aus der Vielzahl der Kontroversen seien hier nur zwei herausgegriffen.

(a) Nach den Auseinandersetzungen um das Kernkraftwerk Fessenheim am Oberrhein im Elsaß, die als Teil eines Syndroms vor allem im Zusammenhang mit den davon nicht weit entfernten Kernkraftbauvorhaben Wyhl am Oberrhein in Baden und Kaiseraugst am Hochrhein im Aargau gesehen werden müssen, gab der Plan der französischen Regierung, das Kernkraftwerk Cattenom/Mosel an der Drei-Länder-Ecke Frankreich-Luxemburg-Deutschland, nur 10 km von der saarländischen Grenze entfernt, von ursprünglich 2 × 900 MWe auf nunmehr 4 × 1300 MWe zu erweitern, d.h. auf insgesamt 5200 MWe auszulegen, Anlaß zu heftigen Protesten der beiden möglicherweise durch einen Reaktorunfall betroffenen Nachbarländer[41]. (Die von der Regierung Mitterand im Sommer 1981 verfügte Suspendierung einiger Kernkraftprojekte betraf nicht die beiden im Bau befindlichen, sondern nur die beiden zusätzlich geplanten Blöcke von Cattenom.) Insbesondere Luxemburg fühlte sich betroffen, nachdem im Juni 1978 die Regierung dieses Landes das Vorhaben eines gemeinsam mit dem RWE von der Societé Luxembourgoise d'Energie Nucléaire (SENU) zu errichtenden 1250 MWe-Kernkraftwerkes in Remerschen an der deutsch-luxemburgischen Grenze für mehrere Jahre zurückgestellt hatte und annahm, mit dieser Entscheidung der nuklearen Kontroverse

[41] Nach langen und nicht immer einfachen Verhandlungen wurde am 28. Januar 1981 eine deutsch-französische »Vereinbarung über den Informationsaustausch bei Vorkommnissen und Unfällen, die radiologische Auswirkungen haben können« unterzeichnet und inzwischen in Kraft gesetzt. Dadurch soll ermöglicht werden, Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung rechtzeitig zu treffen. Dieses Übereinkommen stellt die bisherige Verwaltungsabsprache auf eine völkerrechtliche Grundlage.

entgangen zu sein. Paris hat sich gegen diese Proteste bisher ablehnend verhalten.

(b) Wie in diesem Buch an anderer Stelle dargestellt, sind in der DDR derzeit mehrere Kernkraftwerke in Betrieb und Bau, vor allem am Stechlinsee, am Greifswalder Bodden und im Bezirk Magdeburg. Schon deshalb, weil die dortigen Kernkraftwerke sowjetischer Konzeption über weniger aufwendige Sicherheitssysteme verfügen als westdeutsche oder auch amerikanische und französische Kernkraftwerke (keines der in den Ländern des Ostblocks gebauten 20 Kernkraftwerke des Typs Woronesch hat einen Sicherheitsbehälter, erst der nunmehr in Betrieb gehende neue 1000 MW Reaktor Nowoworonesch wird hiermit ausgerüstet werden) waren die Bundesregierung ebenso wie die Regierungen nordischer Länder darum bemüht, mit den zuständigen Behörden der DDR über die Reaktorsicherheit zu verhandeln. Am 4. Oktober 1978 antwortete der Staatssekretär im Bundesministerium des Inneren Hartkopf auf die Anfrage des Abg. Voss, die Bundesregierung könne sich über die Sicherheitsstandards für Kraftwerke sowjetischer Konzeption kein vollständiges Bild machen. Die Tatsache, daß in einem dritten Land ein Kernkraftwerk sowjetischer Bauart mit Hilfe amerikanischer Reaktorbaufirmen sicherheitstechnisch durch den Einbau eines Volldrucksicherheitsbehälters verbessert werden mußte (es handelt sich um den Reaktor Loviisa in Finnland), lasse jedoch vermuten, daß die Sicherheitsanforderungen in Osteuropa nicht den überaus strengen Sicherheitsstandards in den USA und in der Bundesrepublik Deutschland entsprechen. Offizielle Kontakte zu den zuständigen Behörden der COMECON-Länder, d.h. auch zur DDR, bestünden nicht. Die Bundesrepublik werde noch nicht einmal darüber unterrichtet, wann, wie und wo Kernkraftwerke in der DDR und auch in der ČSSR gebaut werden[42].

[42] Die Gefährdung der Bevölkerung der Bundesrepublik durch Strahlenfreisetzungen aus Kernenergieanlagen in der DDR war auch Gegenstand von Auseinandersetzungen zwischen Opposition und Koalition in Bonn in Vorbereitung des zuletzt dann abgesagten Treffens zwischen dem deutschen Bundeskanzler und dem DDR-Staatsratsvorsitzenden im August 1980. Unter Hinweis auf die geringen Sicherheitsstandards der DDR-Kraftwerke (Brennelementhüllen, Druckspeicher, Reservepumpen, Notkühlsysteme, Sicherheitsbehälter-Armierung usw.) war im Bundestag angefragt worden, ob die westdeutsche Bevölkerung durch Kernkraftwerke in der DDR gefährdet werden könne. Die Bundesregierung verneinte diese Frage unter Hinweis auf die Entfernung der DDR-Kraftwerke von der deutsch-deutschen Grenze und unter Hinweis auf die überwie-

Hier sei auch auf die in diesem Buch an anderer Stelle erwähnten Vorstellungen des österreichischen Bundeskanzlers B. Kreisky bei seinem tschechoslowakischen Kollegen wegen der grenznahen ČSSR-Kernkraftwerke hingewiesen.

Diese Abschirmung der osteuropäischen Länder hat nicht nur zu grundlegend abweichenden Sicherheitsregeln und Sicherheitsvorkehrungen geführt, sondern auch zur Unterdrückung von Nachrichten über Reaktorstörfälle und -unfälle sowohl aus anderen kommunistischen Ländern als auch aus Ländern der westlichen Welt. Die Ereignisse von Harrisburg wurden in der osteuropäischen Presse nur kurz erwähnt und kaum kommentiert.

(2) Bei den west-östlichen Auseinandersetzungen um die Sicherheit von Kernkraftwerken spielt – zumindest unterschwellig – auch die Frage mit, ob es Ende 1957 oder Anfang 1958 im Ural zu dem von dem sowjetischen Biochemiker Zhores Medwedjew behaupteten schweren nuklearen Unfall gekommen ist, mit der Folge radioaktiver Verseuchung eines Gebiets von einigen Tausend Quadratkilometern[43]. Es gibt Berichte, wonach damals vermutlich ein Lager für atomare Abfälle infolge Überhitzung radioaktive Strahlen freisetzte. Der Verfasser hat sich bisher noch kein Urteil darüber bilden können, ob diese Behauptung zutrifft.

Andererseits haben die zuständigen Stellen der Sowjetunion kurz nach Harrisburg erstmals zugegeben, daß es auch dort zu Nuklearunfällen gekommen ist. Der sowjetische Minister für Energie und Elektrifizierung P. Neporoshnij berichtete am 22. April 1979 insbesondere von zwei nach Ort und Zeitpunkt nicht näher bezeichneten Unfällen, bei denen es in einem Fall zu einer Explosion und in dem anderen Fall zum Austritt radioaktiver Strahlung gekommen sei. Offenbar waren durch diese Unfälle militärische Anlagen betroffen, denn es heißt in einem Bericht der Zeitung Sozialistitscheskaja Industrija vom Juli 1980, daß sich in den 23 sowjetischen Kernkraftwerken seit

gend westliche Windrichtung. Wie zu erwarten, war die Opposition mit dieser Antwort nicht zufrieden. Sie bezeichnete es als unbegreiflich, daß in der Bundesrepublik, trotz weltweit höchster Sicherheitsstandards die friedliche Nutzung der Kernenergie hinausgezögert, andererseits aber das Gefahrenpotential von Kernkraftwerken in der DDR – und in der ČSSR – nicht zur Kenntnis genommen werde.

[43] Zhores Medwedjew, Bericht und Analyse der bisher geheimgehaltenen Atomkatastrophe in der UdSSR, Hoffmann & Campe, Hamburg 1979.

Beginn der nuklearen Stromerzeugung kein einziger Störfall mit Folgen für die Umwelt ereignet habe.

5.2.8 *Zusammenfassende Würdigung*[40]

(1) Kein Aspekt der Kernenergieentwicklung und -erzeugung stand in den letzten Jahren in solchem Maße im Vordergrund der Auseinandersetzungen wie das Thema der Sicherheit von Kernenergieanlagen. Engagierte Gegner der Kernenergie – gleichviel, ob in Bürgerinitiativen organisiert oder nicht – sind nicht müde geworden, auf die Gefahren hinzuweisen. 2100 Biologen und Umwelt-Wissenschaftler aus zahlreichen Ländern, u. a. vier Nobelpreisträger, wandten sich am 2. Mai 1971 an den Generalsekretär der Vereinten Nationen U Thant mit der Forderung, »technische Neuerungen, deren Auswirkungen nicht übersehen werden können, und die für das menschliche Leben nicht wesentlich sind«, u. a. »die Errichtung großer neuer Atomkraftwerke«, durch ein Moratorium zu untersagen.

Im August 1975 (30. Jahrestag der Bombe von Hiroshima) warnten 2300 Ingenieure und Wissenschaftler, unter ihnen verschiedene Nobelpreisträger, in einer Petition an den Kongreß und den Präsidenten der Vereinigten Staaten vor der weiteren Entwicklung und der friedlichen Verwendung der Kernenergie. Sie wiesen auf die zahlreich aufgetretenen Störfälle, die Gefahr einer langzeitigen radioaktiven Verseuchung und die Möglichkeit der Abzweigung von Plutonium hin. Daher forderten sie eine drastische Reduzierung der Kernenergieprogramme, ein Ausfuhrverbot für Kernkraftwerke und die Hinwendung zu gutartigen Technologien, wie die Sonnenenergie und die thermonukleare Fusion. Dieser Petition ging ein von der Union of Concerned Scientists an 15000 Wissenschaftler gerichtetes Anschreiben zur Unterschriftsleistung voraus.

Die Ereignisse am 28. März 1979 in Harrisburg, auf die dieses Buch ausführlich eingeht, haben diesen Auseinandersetzungen eine bis dahin nicht bekannte Heftigkeit, ja Bitternis gegeben. Erst recht danach gibt es kaum eine Chance für eine Annäherung der Standpunkte, geschweige denn für eine Übereinstimmung zwischen den engagierten Kernenergiegegnern und den vielfach ebenso engagierten Kernenergiebefürwortern. Es kann lediglich registriert werden, daß die Auseinandersetzungen um die bei störungsfreiem Betrieb auftretende Belastung der Umgebung von Kernkraftwerken mit Radioaktivität nachgelassen ha-

ben. Um so lauter sind aber die Kontroversen um die Gefahren geworden, die Unfälle von Kernenergieanlagen auslösen können. Für alle diese Auseinandersetzungen gilt aber auch das treffende Wort des Vorsitzenden des Joint Committee on Atomic Energy des Kongresses, des US-Senators John O. Pastore: »Es ist einfacher, die Menschen zu erschrecken, als sie wieder zur Vernunft zu bringen.«[44]

(2) Ungeachtet dieser nur wenig zu Entschlüssen anregenden Lage *müssen* Entscheidungen über den Ausbau der Kernenergie getroffen werden – positiv oder auch negativ. Es ist eine inzwischen wohl allgemein akzeptierte Erkenntnis, daß es nicht genügt, Optionen aufrechtzuerhalten. Schon I. Kant stellte dem Sinn nach fest: die Notwendigkeit zu entscheiden ist stets größer als die Möglichkeit der Erkenntnis. Anders ausgedrückt heißt das, wir müssen von den Politikern erwarten, daß sie den Mut zu Entscheidigungen aufbringen, auch wenn noch nicht alle Erkenntnisse vorliegen, die bei der Abwägung des Für und Wider zu berücksichtigen wären. Für den Verfasser leitet sich dieser Entscheidungszwang ab aus der in diesem Buch breit abgehandelten und begründeten energiewirtschaftlichen Notwendigkeit der Kernenergie.

(3) Die Kernenergiebefürworter können aber auch auf ein anderes bisher von den Gegnern geflissentlich verschwiegenes Faktum hinweisen: Zuletzt bei der Eröffnungssitzung der 23. Generalkonferenz der IAEO am 4. Dezember 1979 in New Delhi stellte deren Generaldirektor S. Eklund fest, seit Anfang 1979 seien weltweit 224 Kernkraftwerke mit insgesamt etwa 1800 Reaktorbetriebsjahren (inzwischen sind es über 2000) im Einsatz. Bisher sei in keinem einzigen Fall eine Person tödlich oder ernsthaft durch Strahlungen eines Kernkraftwerkes verletzt worden. Dies gelte sowohl für das Betriebspersonal als auch für die Umgebungsbevölkerung. Die Sicherheitseinrichtungen von Kernenergieanlagen haben sich somit bisher vorzüglich bewährt.

(4) Die in diesem Kapitel behandelten Risikoanalysen, vor

[44] Eine Demonstration dieser These ist der Roman von H. H. Ziemann ›Die Explosion‹ (München 1976), der in Form einer Science-Fiction-Story darstellt, wie ein deutsches Kernkraftwerk durch einen Bombenanschlag in die Luft gesprengt wird und dabei Tausende von Menschen den Tod finden. Bedenklich sind in diesem Roman die bewußt unrichtigen Angaben über das Sicherheitssystem und vor allem über die weit übertriebenen Wirkungen der Explosion der Bombe, die an die Speisewasserleitung des Reaktors gelegt wurde.

Übersicht 143: Vergleich von Individualrisiken (Todesrisiko von 1 Mio Personen in einem Jahr)

Tödlicher Unfall bei/durch	
Berufstätigkeit – Durchschnitt	130
Berufstätigkeit – Bergbau	540
Haushalt und Freizeit	230
Teilnahme am Straßenverkehr (75 Min täglich)	240
Benutzung von Linienflugzeugen (1 h wöchentlich)	40
Benutzung anderer nichtmilitärischer Flugzeuge (1 h wöchentlich)	1000
Blitzschlag	0,6
elektrischer Strom	4
Tod durch Krebs oder Leukämie	2700
Tod durch Unfälle v. Kernkraftwerken in deren näherer Umgebung	
Frühschäden	0,01
Spätschäden	0,2

Quelle: Deutsche Risikostudie
Nicht-nukleare Risiken größtenteils nach K. H. Lindackers

allem der Rasmussen-Report und die Deutsche Risikostudie, zeigen deutlich, daß die von Kernkraftwerken ausgehende Gefahr gering ist. Diese Aussage wird erst anschaulich, wenn man das Risiko, Opfer eines Nuklearunfalls zu werden, mit anderen Unfallrisiken vergleicht. Die der Deutschen Risikostudie entnommene Übersicht 143 gibt diesen Vergleich.

Der Leser mag es dem Autor nachsehen, daß er nicht auf die subtile Differenzierung der individuellen Bereitschaft eingeht, vermeintlich unausweichliche Risiken, etwa im Straßenverkehr (bei in Deutschland etwa 13000 Toten jährlich) zu akzeptieren, bei dem Risiko aus der Kernenergie aber einen ganz anderen Maßstab anlegt. Der Autor, der Nichtraucher ist, hat seine naheliegende eigene Meinung über den Lungenkrebs des Rauchers und des unvermeidlich mitgefährdeten Nichtrauchers.

(5) Nach der Meinung des Autors verfängt auch nicht der Hinweis auf hohe Risiken anderer Techniken. In der Kerntechnik hat man dem hohen Schadenspotential von Anfang an durch außergewöhnliche Sicherheitsvorkehrungen Rechnung getragen. Bei Anwendung der in der Kerntechnik vorgeschriebenen Mehrfachsicherungen wären jedenfalls schwere Unfälle vermieden worden, wie z.B. die in den letzten Jahren aufgetretenen

Brüche von Staudämmen (z.B. Fréjus 1959), Brückeneinstürze (z.B. Reichsbrücke in Wien, 1976), Verschmutzungen des Meeres durch Tankerhavarien (z.B. die jüngsten Tankerkatastrophen vor den Küsten der Bretagne, der Normandie – Amoco Cadiz, Februar 1978, vor der britischen Südostküste – Eleni Mai 1978 und in der Karibik – Kollision der Atlantic Empress mit der Aegean Captain im Juli 1979), Versagen der Bohrtechnik (z.B. Bohrinsel Bravo im Ölfeld Ekofisk 1977, Bohrung Ixtoc I in Golf von Mexiko, Juni 1979) und Kentern der Bohr- und Wohnplattform Alexander Kielland am 27. März 1980 im norwegischen Ekofisk-Feld (123 Tote) oder Entweichen giftiger Gase aus chemischen Anlagen (z.B. Seveso 1977). H. Grümm Wien, hat überzeugend darauf hingewiesen[45], daß ein Kerntechniker die chemische Anlage in Seveso in eine doppelte Sicherheitshülle eingeschlossen hätte, deren Zwischenraum auf Unterdruck gehalten wird, um zu verhindern, daß das in seiner Toxität mit dem Plutonium vergleichbare Dioxin in die Atmosphäre entweicht. Für den Kerntechniker wäre es auch undenkbar gewesen, im tiefen Wasser nach Erdöl zu bohren. Er hätte das trockene Bohrloch durch mehrfache Betonzylinder geschützt.

Der spektakuläre Einsturz der Reichsbrücke 1976 in Wien gab H. Grümm Anlaß zu folgender Feststellung (vgl. Abb. 89): Ein Kerntechniker wäre schon bei Berechnung, Prüfung der Materialien, Modellversuchen, Bauüberwachung usw. weit über das Gewohnte hinausgegangen. Er hätte die Brücke mit zahlreichen Meßsonden bestückt, deren Anzeigen in eine ständig besetzte Meßwarte gehen, die bei bedenklichen Abweichungen automatisch die Brücke sperrt und Alarm auslöst. Monatliche Inspektionen und jährliche Belastungsproben wären vorgesehen. Um die Pfeiler gut inspizierbar zu machen, wären sie vor der Berührung mit dem Wasser geschützt worden. Nach 30 bis 40 Betriebsjahren würde die Brücke wegen Ermüdung und Korrosion der Materialien abgetragen. Um das Restrisiko zu verkleinern, hätte man zudem ein erstes Auffangsystem vorgesehen, das die Brücke bei einem – durch die erwähnten Maßnahmen extrem unwahrscheinlichen – Versagen vor dem Einsturz bewahrt. Um schließlich zu den in der Kerntechnik üblichen minimalen Eintrittswahrscheinlichkeiten zu gelangen, hät-

[45] H. Grümm, »Vergleichsmaßstäbe für das Risiko der Kernenergie«, in: Weltproblem Rohstoffe – Energie, Verlag des ÖGB, Wien 1978.

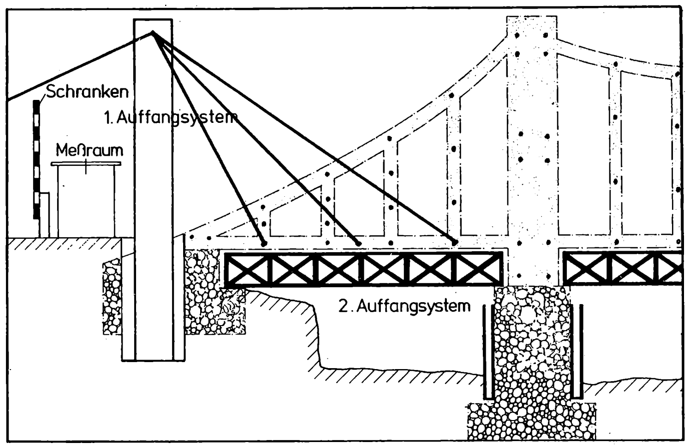


Abb. 89: Standard des Kerntechnikers beim Brückenbau

te man »Redundanz« in Gestalt eines zweiten Auffangsystems eingebaut, das überdies zum ersten »diversitär« hätte sein, d.h. von ihm unabhängig und nach einem verschiedenartigen Prinzip hätte arbeiten müssen.

(6) Der vorstehend dargestellte, ohne jeden Zweifel für eine Brücke weit übersetzte Sicherheitsaufwand gibt dem Verfasser Anlaß zu zwei Bemerkungen:

- Für eine optimale Sicherheit beim Betrieb von Kernkraftwerken müssen – wie in jeder Technik – technischer Aufwand und menschliche Kontrolle sich sinnvoll ergänzen. Automation ist hilfreich, solange sie dem Reaktoroperateur den Kopf für das Wesentliche freihält. Ein Übermaß an Automation widerspricht der Einsicht, daß der Mensch sich grundsätzlich seiner Verantwortung in der Technik stellen muß.
- Das Sicherheitskonzept muß ausgewogen sein, spektakulären aber extrem unwahrscheinlichen Störfällen darf kein unangemessenes Gewicht eingeräumt werden. Man sollte sich auch die Frage stellen, ob es nicht gelegentlich vernünftiger ist, auf aufwendige Maßnahmen zur Verminderung ohnehin extrem geringer nuklearer Risiken zu verzichten zugunsten von Maßnahmen der Sicherung gegen herkömmliche Unfälle oder für die medizinische Forschung oder Behandlung, weil dies im Ergebnis zu einer stärkeren Verminderung des kollektiven Risikos führen wird. Der Verfasser verkennt aber nicht, daß dies ein hohes Maß an Freiheit von Vorurteilen voraussetzt.

5.3.0 Allgemeine Vorbemerkungen

»Ein idealer Standort für ein Kernkraftwerk hat im letzten Jahrtausend keinerlei Erdbeben aufzuweisen; bei ihm gibt es keine Wirbelstürme oder Überschwemmungen. Er sollte in der Mitte einer grenzenlosen Wüste liegen, in der es keinerlei Bevölkerung gibt, und einen unerschöpflichen Vorrat sehr kalten Wassers zur Verfügung haben, das nirgendwohin fließt und in dem es keinerlei Fische oder sonstige Tier- und Pflanzenwelt gibt. Am wichtigsten ist natürlich, daß sich der Standort in unmittelbarer Nähe eines Verbrauchsschwerpunkts für den erzeugten Strom befindet«[46].

Diesen Standort gibt es leider nicht. Die – zumal in Westeuropa – für Kernenergieanlagen, insbesondere Kernkraftwerke, ausgewählten oder zur Verfügung stehenden Standorte sind das Ergebnis eines Kompromisses zwischen mehreren, einander vielfach widersprechenden Forderungen, die durch die folgenden Kriterien gekennzeichnet werden können:

(1) *Sicherheitstechnische Merkmale*, unter denen hervorzuheben sind:

- die natürlichen Umweltbedingungen, nämlich die geologischen, seismologischen, hydrologischen und meteorologischen Verhältnisse (s. unter 5.3.1);
- die Bevölkerungsverteilung, vor allem die Entfernung zu Ballungszentren (s. unter 5.3.2);
- etwaige besondere Erschwernisse, z.B. die Lage zu Einflugschneisen oder die Nachbarschaft zu explosionsgefährdeten Industriebetrieben;

(2) die *Kühlungsmöglichkeiten* (s. unter 5.3.4), die gegebenenfalls – auch unter dem Gesichtspunkt der Sicherheit – eine Verlagerung an oder in das Meer geboten erscheinen lassen (s. unter 5.3.6);

(3) *Wirtschaftlichkeitsfaktoren*, insbesondere die Lage zum Netz oder zu bestehenden oder sich entwickelnden Verbrauchsschwerpunkten (s. unter 5.3.8).

[46] G. O. Wessenauer, Tennessee Valley Authority auf dem Workshop ›Why Nuclear Power?‹ des Atomic International Forum 1970.

5.3.1 Die natürlichen Umweltbedingungen

Für die oben unter (1) bezeichneten Bedingungen nennt R. Guck die folgenden Merkmale[47], die im Rahmen eines Genehmigungsverfahrens zu prüfen sind (vgl. S. 709f.):

- geologisch: Baugrundfestigkeit, Gefahr von Setzungen, Schieflagen, z.B. durch Grundwassersenkungen;
- seismologisch: Abstand zu häufigen Erdbebenzentren oder Bruchzonen, die maximal zu erwartenden Horizontal- und Vertikalbeschleunigungen (vornehmlich bebengefährdet sind in Deutschland die niederrheinische Bucht westlich von Köln, das Oberrheingebiet südlich von Freiburg i.B. und die Schwäbische Alb[48]);
- hydrologisch: Überschwemmungsgebiet?, Lage zu Quellen, Grundwasservorkommen und Trinkwasserversorgungsgebieten;
- meteorologisch: Temperatur-, Wind- und Beschleunigungsprofile, Diffussionsbedingungen.

5.3.2 Bevölkerungsdichte in der Umgebung von Kernenergieanlagen/unterirdische Bauweise

Zur Beurteilung der Sicherheit von Reaktorstandorten wird hypothetisch unterstellt, daß bei irgendeinem Störfall auch der Sicherheitsbehälter des Reaktors, der die Freisetzung von Radioaktivität in allen nur vernünftig denkbaren Fällen verhindern soll, diese Aufgabe *nicht* erfüllt. Diese sehr unwahrscheinliche und daher recht vorsichtige Hypothese wurde eingeführt, um sich nicht dem Vorwurf auszusetzen, man sei leichtfertig bei der Beurteilung der Bevölkerung in der Umgebung von Kernanlagen.

Unter dieser Hypothese spielt bei der Standortwahl die Be-

[47] R. Guck, Standorte für Kernkraftwerke, atomwirtschaft 8/9, 1973, S. 386.

[48] Das seit Jahrzehnten schwerste deutsche Erdbeben am 3. September 1978 in Baden-Württemberg mit Epizentrum im Zollernalbkreis (Richterskala-Stärke 5,8) hat die in diesem Raum befindlichen Kernkraftwerke Obrigheim, Beznau, Mühleberg und Fessenheim nicht beeinträchtigt. Neckarwestheim und der MZFR Karlsruhe lagen damals still. Der FR 2 Karlsruhe schaltete sich automatisch ab. Bei dem Erdbeben am 7. November 1980 in Nordkalifornien, das auf der Richter-Skala 7,1 erreichte, traten bei dem nur 50 km von Epizentrum entfernten Kernkraftwerk Humboldt-Bay keine Schäden auf. Auch das schwere Erdbeben am 23. November 1980 in Süditalien hatte keine schädlichen Auswirkungen auf die beiden zwischen Rom und Neapel gelegenen, allerdings zu diesem Zeitpunkt abgeschalteten Kernkraftwerke Garigliano und Latina.

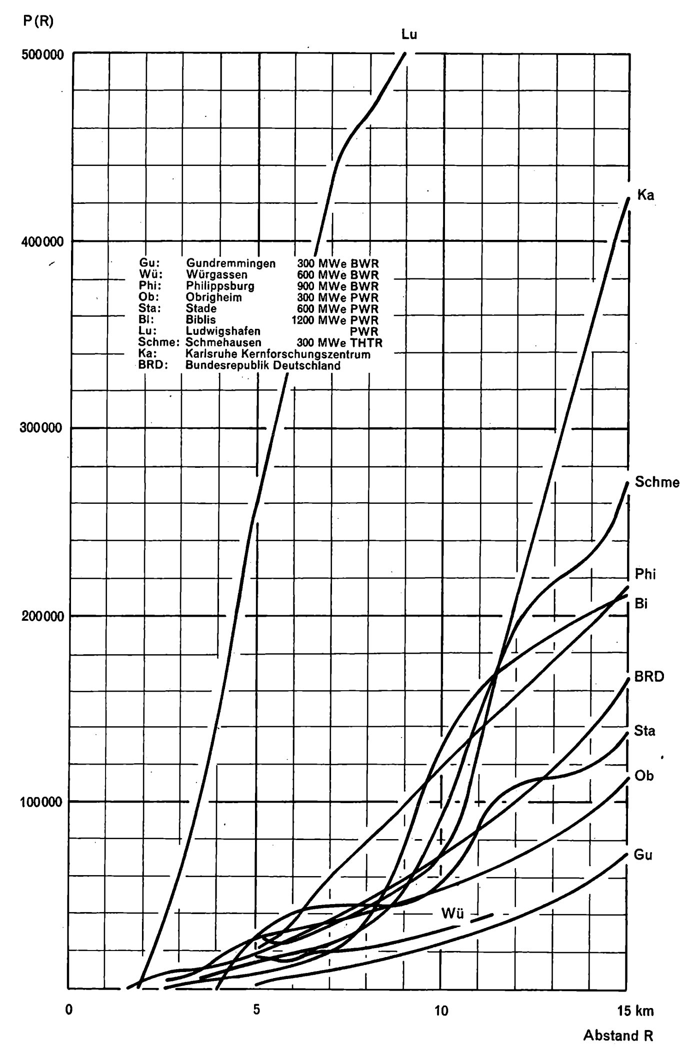


Abb. 90: Umgebungsbevölkerung von Kernkraftwerken (nach K. Wirtz)

völkerungsdichte in der Nähe des Standortes eine Schlüsselrolle, jedenfalls eine Rolle, die bedeutsamer ist als bei einer Überlegung ausschließlich auf der Grundlage der Störfallwahrscheinlichkeiten und kausaler Schadensabwägungen. Demgemäß sind in der Bundesrepublik Deutschland bisher keine Genehmigungen erteilt worden, Kernkraftwerke in Ballungsgebieten zu errichten (vgl. Abb. 90) – anders übrigens als in den Vereinigten Staaten: dort wohnen innerhalb eines Umkreises von 8 km um das 1967 in Auftrag gegebene 2 × 1040 MWe-Kernkraftwerk Zion/Illinois 200000 Menschen. Dies erklärt auch die Überlegungen in den USA nach Harrisburg, den weiteren Betrieb und den Bau von Kernkraftwerken in Ballungsgebieten hinfort strengeren Regeln zu unterwerfen, vor allem im Hinblick auf Notstandsmaßnahmen und Evakuierungsmöglichkeiten und -vorkehrungen.

Die Gefährdung der Umgebungsbevölkerung von Kernkraftwerken hat auch die Diskussion neu belebt, ob man nicht besser *unterirdisch* bauen sollte. Als Bauweisen kämen in Betracht: Felskaverne, Stollen bzw. Schacht, Überhügelung oder Einbettung in den Boden. Die letztere für Deutschland vor allem geeignete Bauweise beinhaltet: Absenkung des Reaktorgeländes und Überschüttung mit einer Schichtdichte von wenigstens 10 m und – falls auch gegen die stärksten heute bekannten konventionellen Waffen geschützt werden soll – Auflage einer 2 bis 3 m dicken Betonschildplatte. Nach einer Analyse des KFA Jülich führt die unterirdische Bauweise zu Bauzeitverlängerungen zwischen 9 und 15 Monaten und Investitionskostensteigerungen bis zu 14%. Diese Nachteile, zu welchen auch eine gravierendere Grundwasserkontamination nach einem Kernschmelzen, vergrößerte Gefahren eines Wassereinbruchs sowie erschwerte Eingriffsmöglichkeiten bei Störfällen träten (NRC), wären zu vergleichen mit den erwarteten Vorteilen: verminderte Strahlengefährdung der Bevölkerung bei einem Reaktorunfall und erhöhter Schutz bei kriegerischen Auseinandersetzungen. Diese Gegenüberstellung läßt prima vista kaum erwarten, daß die Vorteile überwiegen. Gleichwohl hält die Diskussion über dieses Thema an. Demnächst will das Bundesministerium des Innern (BMI) dem Innenausschuß des Bundestages eine zusammenfassende Bewertung von Vor- und Nachteilen der unterirdischen Bauweise von Kernkraftwerken vorlegen.

Testfall dafür, ob Standorte in dichtbesiedelten Gebieten genehmigt werden können, war längere Zeit das Projekt der Badischen Anilin- und Soda-Fabrik AG (BASF) in Ludwigshafen, auf dem Werksgelände ein Kraftwerk mit einer thermischen Wärmeleistung von – zuletzt – 2231 MWe zu errichten, das mit einer Gegendruckanlage der Erzeugung sowohl von Elektrizität (425 MW brutto bzw. 385 MW netto) als auch von Prozeßdampf (1800 t/h zu 265 °C und 18 ata) dienen soll. Der Standort dieses Kraftwerks ist vorbestimmt, da Dampf nicht über größere Entfernungen transportiert werden kann: das von der BASF projektierte Kernkraftwerk ist etwa 500 m von den eigentlichen Produktionsanlagen entfernt.

Die Auseinandersetzungen über die Genehmigung des BASF-Projekts gehen bis in das Jahr 1969[49] zurück: Am 7. Mai 1969 wurde gemäß § 7 des Atomgesetzes der Antrag auf Genehmigung des Standorts und der Errichtung gestellt. Am 17. August 1970 teilte der damalige Bundesminister für Bildung und Wissenschaft, H. Leussink, vor der Bundespressekonferenz mit, daß die endgültige Entscheidung über die atomrechtliche Genehmigung des Projekts um etwa zwei Jahre zurückgestellt werde. Man sei nach sorgfältiger Analyse des gegenwärtigen Standes der Sicherheitstechnik zu dem Ergebnis gekommen, daß auch bei dem BASF-Projekt in unmittelbarer Nähe der Stadt Ludwigshafen inmitten großtechnischer chemischer Industrie nicht von dieser international vorsichtigen Linie abgewichen werden sollte.

Lange nach Ablauf der Zweijahresfrist – am 19. Mai 1976 – verabschiedete das beratende Organ des für atomrechtliche Genehmigungen zuständigen Bundesministers des Innern, die Reaktorsicherheitskommission (RSK), einen Beschluß, wonach gegen das Sicherheitskonzept des BASF-Kernkraftwerks mit den vorgesehenen zusätzlichen Einrichtungen und Maßnahmen – insbesondere dem integrierten Berstschutz[50] – für den ur-

[49] Zunächst hatte die BASF zwei Blöcke mit je 2000 MW thermischer Leistung vorgesehen und hierfür die KWU ein Letter of Intent erteilt. Jeder Block sollte stündlich 1000 t Dampf erzeugen und eine elektrische Leistung von 481 MW brutto bzw. 447 MW netto aufweisen. Der zweite Block wurde wenig später aber zurückgestellt.

[50] Nach übereinstimmender Meinung der Fachleute kann bei dem erreichten Stand der Technik das Bersten der Druckbehälter ausgeschlossen werden. Als »Auslegeunfall« scheidet dieses Ereignis somit aus. Der Einbau einer nach dieser

sprünglich vorgesehenen Standort auf dem Werksgelände keine Bedenken erhoben werden. In dem Beschluß wurde betont, daß die zusätzlichen Sicherheitseinrichtungen nicht etwa deshalb gefordert wurden, weil bei den bisher gebauten Druckwasser-Reaktor-Anlagen Gefahrenquellen aufgezeigt worden wären, gegen die die erforderliche Vorsorge nicht getroffen war, sondern um das im Vergleich zu anderen Standorten wegen der Bevölkerungsdichte erhöhte »kollektive Risiko« bei diesem Projekt mindestens auf das an anderen Standorten übliche zurückzuführen. Dem Beschluß unmittelbar vorausgegangen war ein Angebot der BASF, den Standort etwa 5 km weiter nordwärts zu verlegen. Dies hätte jedoch ein völlig neues Verfahren erfordert.

Kosten- und nicht Sicherheitsgründe haben die BASF dann aber im Dezember 1976 veranlaßt, das Projekt eines eigenen Kernkraftwerks aufzugeben. Der benötigte Dampf soll später einmal von einem Kernkraftwerk bezogen werden, das ein öffentliches Elektrizitätsversorgungsunternehmen errichtet und betreibt.

5.3.4 Die Kühlung

Nach dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik ist der *thermische Wirkungsgrad*, das ist das Verhältnis der von einer Maschine – etwa einem Kraftwerk – geleisteten Nutzarbeit zu der für den Betrieb aufgewandten Energie, stets kleiner als 1. Bei einem Wärmekraftwerk errechnet sich der Wirkungsgrad η (Eta) nach der Formel

$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

Darin ist

Q_1 bzw. Q_2 die den Turbinen zu- bzw. von ihr abgeführte Wärmemenge

T_1 bzw. T_2 die absolute Temperatur der der Turbine zu-

Meinung überflüssigen Berstsicherung hätte somit zur Folge, daß ein gleichwohl stattfindendes Bersten des Druckbehälters Auswirkungen hätte, die in den Grenzen des GaU blieben, also keine Gefahren für die Umgebung mit sich brächten. In den gerichtlichen Auseinandersetzungen um das Kernkraftwerk Wyhl am Kaiserstuhl (S. 829f.) spielte die Frage, ob unter Berufung auf das BASF-Projekt eine Berstsicherung vorzusehen sei, die entscheidende Rolle.

bzw. von ihr abgeführten Wärme
(absoluter Nullpunkt der Temperatur:
– 273,15 °C)

1 – η wird als Carnotsche Funktion bezeichnet.
In dieser Formel sind die thermodynamischen Verluste, z.B. die Wärmeaustausche an den Wänden, nicht berücksichtigt.

Die nicht ausnutzbare Wärme muß an die Umgebung abgeführt werden. Technisch geschieht dies dadurch, daß der Abdampf in den Kondensator geleitet wird und sich dort an den von Kühlwasser durchflossenen Rohren als Wasser niederschlägt. Dieses Wasser wird dem Kessel erneut zur Dampferzeugung zugeführt. Durch diesen Prozeß wird das Kühlwasser um etwa 8 bis 10 °C aufgewärmt. Die Frischdampftemperaturen vor der Turbine und die unter Berücksichtigung der thermodynamischen Verluste sich errechnenden Netto-Wirkungsgrade moderner Wärmekraftwerke sind aus Übersicht 144 abzulesen:

Übersicht 144: Frischdampftemperaturen und Netto-Wirkungsgrade moderner Wärmekraftwerke

Typ	Frischdampf-Temperatur vor der Turbine	Nettowirkungsgrad
herkömmliche Wärmekraftwerke	525 °C	40%
Leichtwasser-Kraftwerke (Biblis B)	266 °C	33%
THTR (Uentrop)	530 °C	40%

Der vergleichbare Wirkungsgrad eines Kraftfahrzeuges beträgt übrigens nur etwa 10%.

Entsprechend dem Netto-Wirkungsgrad ist die mit dem Kühlwasser abgeführte Verlustwärme verschieden hoch[51]. Sie erreichte

[51] Der Nettowirkungsgrad von Kraftwerken erreicht (nur) 33 bis 40%. Es liegt daher nahe, die Abwärme wirtschaftlich zu nutzen. Dabei wird aber häufig verkannt, daß der Dampf, der den Niederdruckteil der Turbine eines Kraftwerks verläßt, nur noch eine Temperatur von 30 bis 40° C hat und damit für eine weitere Nutzung, insbesondere für Fernheizwerke, ungeeignet ist. Eine »Auskopplung« der Wärme auf höherem Temperaturniveau – erforderlich sind »Vorlauftemperaturen« zwischen 110 und 180° C – vermindert aber die Stromerzeugungsleistung um bis zu 50%.

- bei herkömmlichen Wärmekraftwerken ca. 1000 kcal/kWh
- bei Leichtwasser-Kraftwerken ca. 1600 kcal/kWh
- bei Hochtemperatur-Kraftwerken mit Wärmeaustauschern ca. 1000 kcal/kWh
- bei Hochtemperatur-Kraftwerken mit Gasturbine ca. 800 kcal/kWh
- und übrigens für Kraftfahrzeugmotoren ca. 9000 kcal/kWh

Abb. 91 zeigt, daß 1973 in Deutschland 19% der angefallenen Abwärme von Kraftwerken herrührten.

Die wesentlichen Elemente des Wasser-Dampf-Kreislaufs eines DWR-Kernkraftwerks sind aus Abb. 92 zu ersehen. Ein 1300 MWe-DWR-Kraftwerk benötigt bei einer maximalen Aufwärmspanne von 10 °C im Kühlkreislauf wenigstens 52 m³/sec Kühlwasser.

Herkömmlicherweise werden Kraftwerke durch Fluß- oder Meerwasser gekühlt. Das keiner Erläuterung bedürfende Sche-

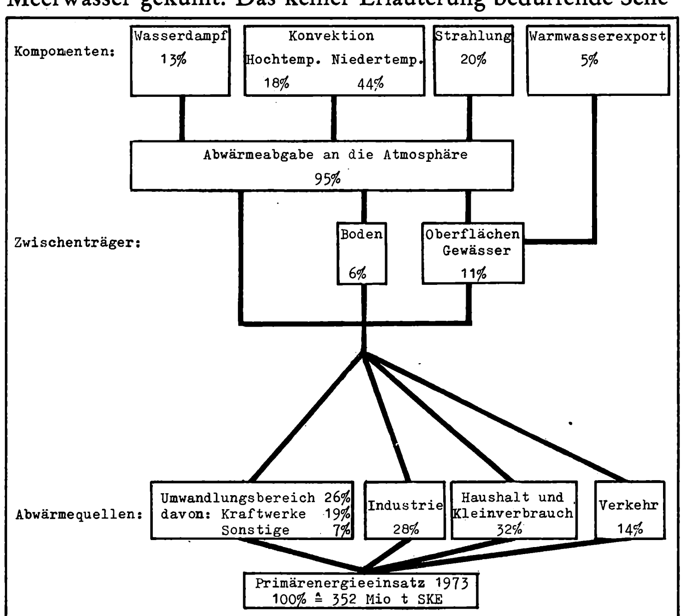


Abb. 91: Deutsche Abwärmebilanz 1973

Quelle: KTG, Faktensammlung zur Kerntechnik

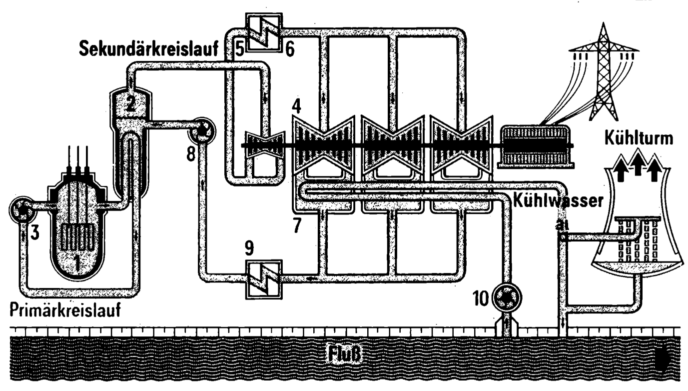


Abb. 92: Wasser-Dampf-Kreislauf beim Kernkraftwerk mit Druckwasser-Reaktor nach P. Borsch, KFA Jülich: 1 = Reaktor; 2 = Dampferzeuger; 3 = Hauptkühlmittelpumpe; 4 = Turbosatz; 5 = Wasserabschneider; 6 = Zwischenüberhitzer; 7 = Kondensator; 8 = Speisewasserpumpe; 9 = Vorwärmer; 10 = Kühlwasserpumpe

ma der *Durchlaufkühlung* zeigt Abb. 93. Soweit – auch bisher schon – Kraftwerke in Regionen errichtet werden, die eine Kühlung durch Fluß- oder Meerwasser ausschließen – das ist z.B. für die im rheinischen Braunkohlenrevier gelegenen Kraftwerke der Fall –, wird das Verfahren der Kühlung mit Naß-

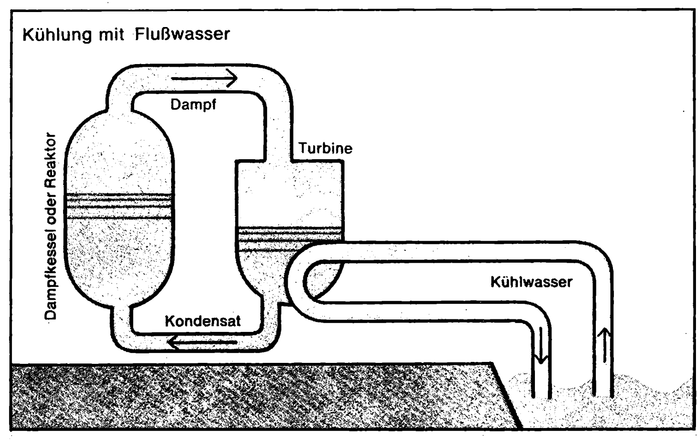


Abb. 93: Flußwasserkühlung (Deutsches Atomforum)

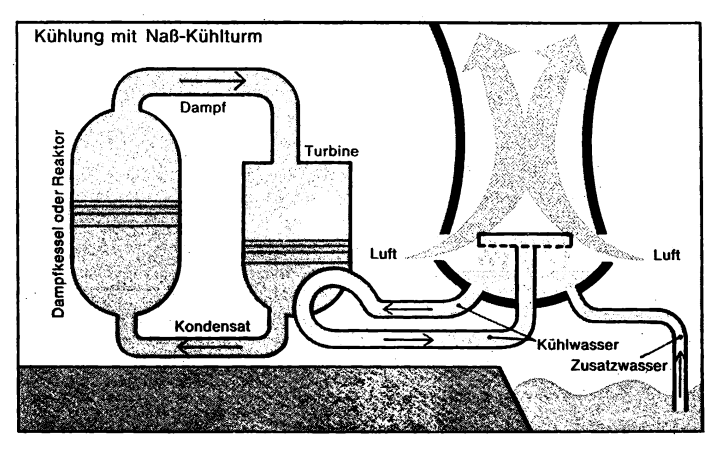


Abb. 94: Kühlung mit Naß-Kühltürmen (Deutsches Atomforum)

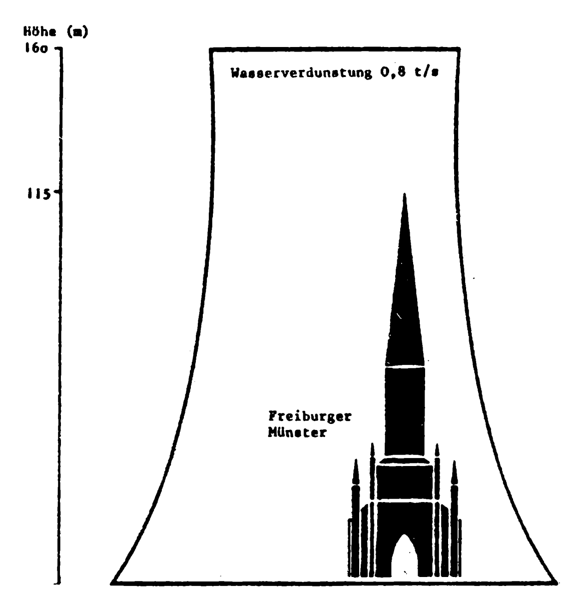


Abb. 95: Einer der vier bei Wyhl geplanten Kühltürme

Kühltürmen angewandt. Auch die Bezeichnung »nasse Rückkühlung« hat sich eingebürgert, denn das erwärmte Wasser wird durch natürlichen oder künstlichen Luftzug und durch eigene Verdunstung abgekühlt und wieder in den Kühlkreislauf zurückgeführt (vgl. Abb. 94). Nachteilig ist bei dem Rückkühlverfahren die Bildung von Dampfschwaden über den Kühltürmen, die im Winter auch die Rauhreifbildung begünstigt (im Kühlturm eines Kernkraftwerks mit 1300 MWe Leistung verdunstet in jeder Sekunde fast ein Kubikmeter Wasser). Widerstand richtet sich auch gegen die das Landschaftsbild beeinträchtigenden Kühltürme. Die vier Naßkühltürme des umstrittenen Kernkraftwerks Wyhl sollen eine Höhe von jeweils 160 m haben (Abb. 95). Kühlung durch Naßkühltürme führt zu einer Erhöhung der Stromerzeugungskosten der herkömmlichen Kraftwerke um etwa 4% und der Leichtwasser-Kraftwerke um etwa 8%.

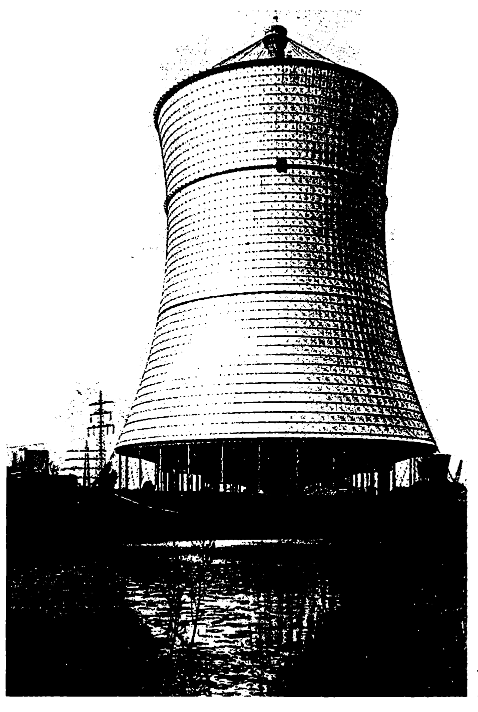


Abb. 96: Trockenkühlturm in Uentrop

Die Schwadenbildung wird bei der dritten Art der Kühlung, der »trockenen Rückkühlung«, vermieden. Bei diesem Verfahren wird die Wärme aus dem Kühlkreislauf an die Luft über die in Kühltürmen untergebrachten Kühlelemente abgegeben, ähnlich wie bei einem Autokühler. Der Kühlturm ist gegenüber der Luft also abgeschlossen. Dieses Verfahren wurde bisher noch nicht für größere Leistungen entwickelt und ist zudem recht aufwendig: bei Leichtwasser-Reaktoren erhöhen sich die Stromerzeugungskosten um etwa 20%. Trockenkühltürme sind wesentlich größer als Naßkühltürme, da bei gleicher Leistung etwa die vierfache Luftmenge benötigt wird. Größere Trockenkühlturmsysteme, nämlich für Anlagen von 220 MWe, wurden in Ungarn und der Sowjetunion in Betrieb genommen. Ein Trockenkühlturm-Prototyp wurde für den 300 MWe-THTR in Uentrop bei Hamm errichtet (Abb. 96), wegen der Bauverzögerung des THTR aber noch nicht in Betrieb genommen. Die Dimensionen dieses Bauwerks sind beeindruckend: Durchmesser am Boden 141 m, Oberkante des Seilnetzmantels 147 m; Höhe des Mastes 178 m.

5.3.5 Wärmelastpläne

Die Ausweitung der Elektrizitätserzeugung und die zunehmende Verschmutzung der Flüsse haben erkennen lassen, daß die Flüsse nur begrenzt Abwärme aufnehmen können (vgl. Abb. 97). Dabei ist entscheidend, daß eine Aufheizung der Flüsse den Sauerstoffgehalt, die Tier- und Pflanzenwelt fördert und die Reaktionsgeschwindigkeiten chemischer Prozesse beschleunigt. Bei hochgradiger Verschmutzung können stärkere Aufheizungen ungünstige Reaktionen hervorrufen. Vor diesem Hintergrund sind die Bemühungen zu sehen, *»Wärmelastpläne«* für die Flüsse in der Bundesrepublik, insbesondere für den Rhein, für die Donau und für die Weser und deren Nebenflüsse, aufzustellen.

So hat die Arbeitsgemeinschaft der Bundesländer zur Reinerhaltung des Rheins (Baden-Württemberg, Bayern, Hessen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz und Saarland) am 24. Mai 1971 einen Wärmelastplan für den Rhein[51a] festgelegt,

[51a] Das Kernforschungszentrum Karlsruhe veröffentlichte im Frühjahr 1981 einen bis 2000 fortgeschriebenen Abwärmekataster Oberrheingebiet. Dieser Kataster geht für die Jahrhundertwende von einem Energieumsatz aus, der zwischen 380 und 600 Mio t SKE liegt.

der in seiner zweiten Auflage vom Frühjahr 1974 bestimmt, daß bei allen künftigen Großkraftwerken die Kühlung grundsätzlich in Kühltürmen vorzunehmen sei. Wörtlich heißt es in diesem Beschluß:

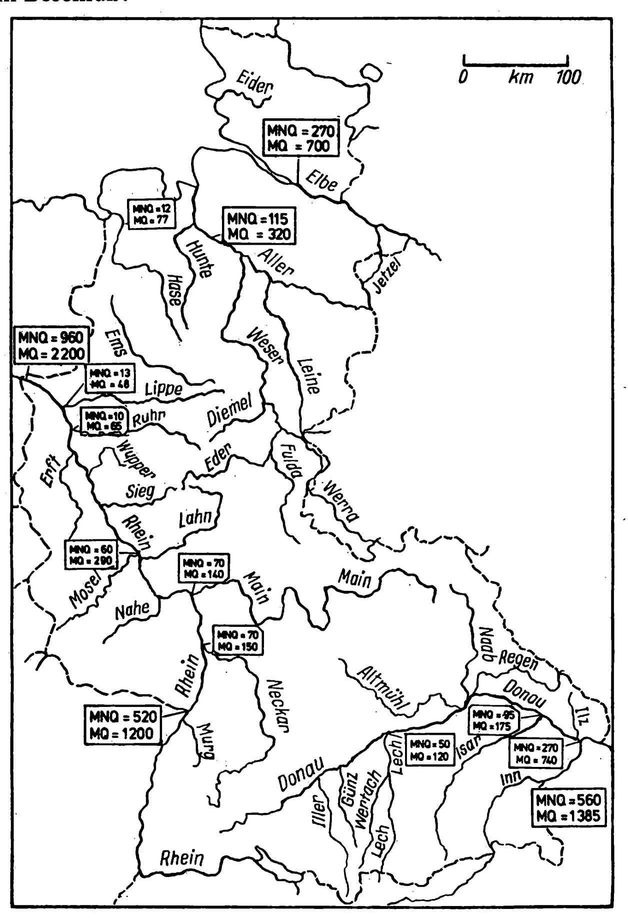


Abb. 97: Abflußmengen der Ströme und wesentlichen Flüsse in der Bundesrepublik Deutschland. (Nach: H. Krolewski.)
Angaben in m^3/s lt. Gewässerkundlichem Jahrbuch
MNQ = Mittlere Niedrigwasserführung
MQ = Mittelwasserführung, jeweils aus einem Beobachtungszeitraum über mehrere Jahre

»Berücksichtigt man die dem Lastfall 1975 zugrunde liegenden Wärmemengen und geht man von der extremen Annahme aus, daß der biologische Zustand des Rheins die angenommenen Grenzwerte der Temperatur zuließe, so muß man feststellen, daß schon für diesen Lastfall trotz der günstigen Annahmen die absolute Maximaltemperatur in Engpaßzeiten an einigen Stellen (in den Räumen Mannheim/Biblis und Duisburg/Emmerich) erreicht und zum Teil überschritten wird.

Die maximale theoretische Belastbarkeit des Rheins auf der Strecke von der Aare-Mündung bis zur deutsch-niederländischen Grenze würde, optimale Gütebedingungen und Standorte vorausgesetzt, bei rund 8000 Mcal/s [33,4 GJ/s] liegen. Wird je 100 MWe eine über Kühlwasser einzuleitende Abwärme von 40 Mcal/s [167 MJ/s] – als Mittelwert aus konventionellen und nuklearthermischen Kraftwerken – angenommen, dann entspricht die oben angegebene Abwärme einer möglichen Kraftwerksinstallation von 20000 MWe. Die angegebene Belastbarkeit geht von dem Mittel einer ausgeprägten Niedrigwasserperiode von 20 hintereinander folgenden Tagen der Jahresreihe 1942 bis 1966 aus. Tatsächlich kann also in einer Niedrigwasserperiode die Wasserführung so weit zurückgehen, daß die genannte Belastbarkeit an mehreren hintereinander folgenden Tagen nicht mehr voll zur Verfügung steht. Würde der Berechnung eine Bezugswasserführung zugrunde gelegt, die an durchschnittlich 5 Tagen/Jahr unterschritten wird, dann wird sich die thermische Belastbarkeit schätzungsweise um weniger als 10% erhöhen.

Der derzeitige Gütezustand des Rheins läßt allerdings die im vorliegenden Wärmelastplan angenommenen Grenzwerte und die vorgenannten Kühlkapazitäten nicht zu. Hier wird schon der Sauerstoffgehalt des Rheins zum begrenzenden Faktor für die Wärmeeinleitungen.«

Entsprechende Wärmelastpläne für die Elbe (zwischen Schnackenburg und Cuxhaven) und die Donau (zwischen Neu-Ulm und Passau) wurden Ende 1973 fertiggestellt, ein solcher für die Weser Mitte 1974. Ein Plan für den Neckar ist verabschiedet. Auch ein Plan für den Main ist fertiggestellt.

Dazu ist zu bemerken, daß die meisten für eine Frischwasserkühlung in Betracht kommenden deutschen Flüsse sommerwarme Gewässer sind mit einem Temperaturmaximum um 25° C. Die zuständigen in der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) zusammenarbeitenden deutschen Behörden haben

folgende Höchstwerte für die Aufwärmung für verbindlich erklärt:

bei sommerwarmen Gewässern	28° C
bei sommerkühlen Gewässern	25° C
bei typischen Salmonidengewässern	18° C

Für den Rhein ist die Aufwärmspanne zudem auf 5° C begrenzt.

Im Ergebnis ist festzustellen, daß – jedenfalls im Einzugsgebiet des Rheins – deutsche und übrigens auch schweizerische Behörden Anträgen auf Genehmigung von Frischwasserkühlung für Kernkraftwerke nicht mehr entsprechen und einige bereits erteilte oder in Aussicht gestellte Genehmigungen widerrufen haben, es sei denn, auf diese Art wird nur in einer Zeit mit hohem Wasserstand und/oder mit tiefer Temperatur gekühlt, im übrigen aber Kühltürme eingesetzt. Die französischen Behörden haben sich für das Kernkraftwerk Fessenheim im Elsaß diesem Grundsatz nicht angeschlossen. Die daraus herrührenden Probleme seien hier nur erwähnt.

In diesem Zusammenhang ist von Interesse, anzumerken, daß die Erde durch *Sonneneinstrahlung* durchschnittlich 1000 kWh je qm und Jahr empfängt – für das Bundesgebiet ergibt das 250 Billionen kWh jährlich ohne Berücksichtigung der meteorologisch bedingten Wärmezufuhr aus anderen Gebieten, insbesondere durch die Wirkung des Golfstroms. Der gesamte Primärenergieverbrauch im Bundesgebiet erreichte 1979 nur etwa 1,3% dieser Wärmemenge. Auf die Abwärme der Kraftwerke entfällt davon nur etwa ein Fünftel. Das führt zu der Relation Sonneneinstrahlung zu Kraftwerksabwärme wie 370 zu 1. Zumal in der Bundesrepublik ist der Anteil der Energiewirtschaft an der Wärmebilanz viel zu gering, als daß er, wie H. Krolewski feststellt, die klimatischen, selbst die kleinklimatischen Verhältnisse merkbar verändern könnte.

5.3.6 Kraftwerke am oder im Meer

Angesichts der vielfältigen Umweltauswirkungen liegt es nahe, Kraftwerke am oder im Meer zu planen und zu bauen. So baut beispielsweise Frankreich in größerer Zahl Kernkraftwerke an der Meeresküste. Pläne dieser Art wurden zuletzt im Frühjahr 1978 diskutiert. Man dachte z.B. daran, Helgoland zu einem auf fast 40 GWe Leistung ausgelegten Kernkraftzentrum zu

machen – natürlich gegen den flammenden Protest der Inselbewohner und Naturschützer.

Nach einer Feststellung des Bundesministers des Innern[52] bietet die deutsche Küste nur in beschränktem Umfang »Möglichkeiten für eine Kühlung mit Meerwasser. Auch hier muß die Wärmeeinleitung an den flachen Nordseeküsten begrenzt werden, weil die deutschen Küstengewässer seicht sind und Fauna und Flora und damit auch die Fischerei sehr empfindlich gegen Temperaturänderungen sind. Die Kraftwerke müssen möglichst unmittelbar am tiefen Wasser liegen. ... Dies gilt auch für Kernkraftwerke, da die Entnahme von Kühlwasser auf Dauer nur bei größeren Wassertiefen sichergestellt ist. Die Nordseeküste bietet wegen des ausgedehnten Wattenmeeres praktisch keine Möglichkeiten hierzu. Weitere betriebliche Schwierigkeiten sind durch den Bewuchs von Seepocken und -muscheln sowie das Massenauftreten von Quallen gegeben. Deshalb ist man im Küstengebiet vornehmlich auf Standorte im Bereich der Flußmündungen angewiesen.«

Ungeachtet dieses negativen Votums unternahm es die Dornier GmbH, im Auftrag der deutschen Küstenländer die Möglichkeiten zu untersuchen, Kernkraftwerke vor den deutschen Küsten zu errichten. Im Ergebnis hat auch diese Untersuchung bestätigt, daß dieser Weg nicht weiterverfolgt werden sollte. Die Stromerzeugungskosten von Offshore-Kernkraftwerken würden um 10 bis 20% höher liegen als die von entsprechenden Landanlagen mit Naßkühltürmen. Der Bundesminister für Forschung und Technologie V. Hauff gab daher am 30. Oktober 1978 bekannt, daß diese Frage nicht mehr mit staatlichen Fördermitteln untersucht werden soll.

Weiter gehen die Pläne, *Kernkraftwerke auf Schwimmplattformen im Ozean* zu installieren, ein Projekt, das von verschiedenen Stellen studiert wird. In den Vereinigten Staaten erteilte die Public Service Electric & Gas, New Jersey, bereits 1972 und 1973 der Offshore Power Systems (OPS), einer Tochtergesellschaft des Schiffbauunternehmens Tenneco Inc. und der Westinghouse Electric Company, den Auftrag auf Herstellung von zwei Kraftwerksinseln mit Leistungen von je 1150 MWe – Atlanta 1 und 2 – drei Meilen vor der Küste von Atlantic City/New Jersey. Diese Kraftwerke sollten 1980 und 1981 in Betrieb gehen. Der Auftrag wurde später um zwei weitere Anlagen

[52] Drucksache des Deutschen Bundestages VI/3052 vom 20. Januar 1972.

erweitert, ohne daß hierfür schon Standorte festgelegt wurden. Mit Rücksicht auf den unerwartet niedrigen Zuwachs im Stromverbrauch wurden diese vier Projekte Anfang 1978 zunächst terminlich gestreckt und unter Hinweis auf geänderte Steuervorschriften dann Anfang 1979 definitiv storniert.

5.3.7 Stillegung und Abbruch von Kernkraftwerken

(1) Wenn von Kernkraftgegnern ein Verzicht auf die Kernenergie gefordert wird, so heißt dies akut und aktuell, daß die Stillegung und evtl. auch der Abbruch von Kernkraftwerken besorgt werden muß. Dabei stellt sich für die Brennelemente, die unter Einschluß des Inhalts der Lagerbecken und der Transportbehälter den ganz überwiegenden Anteil des Aktivitätsinventars von Kernkraftwerken auf sich vereinigen, kein Problem. Die Brennelemente werden ohnehin regelmäßig nach Routine ausgewechselt. Von den Maschinen und Baumassen sind nur etwa 1,5% aktiviert oder kontaminiert, insbesondere der Reaktordruckbehälter mit seinen Einbauten, die Rohrleitungen des Primärkreislaufs und der Reinigungskreisläufe und der biologische Schild. Die restlichen 98,5% sind nicht radioaktiv und können wie jede andere technische Anlage abgebaut werden.

(2) Entgegen häufig vertretener Auffassung verfügt man schon über einige Erfahrungen. Nach I. Lanni sind weltweit zwischen 1960 und 1976 insgesamt 65 Kernkraftwerke stillgelegt worden oder befinden sich im Prozeß der Stillegung[53]. Hierunter sind fünf kleinere Kernkraftwerke und vier Demonstrationsanlagen für solche Kraftwerke.

(3) Ein Kernkraftwerk kann aus den verschiedensten Gründen stillgelegt werden:

- eine Prototypanlage, wenn sie ihren Zweck erfüllt hat oder wenn das Ziel, das mit ihr verfolgt wurde, aufgegeben wird;
- kommerzielle Anlagen, wenn ein wirtschaftlicher oder sicherer Betrieb nicht mehr möglich ist;

Darüber hinaus kann nach einem Unfall die Stillegung einer Anlage dann notwendig werden, wenn die Instandsetzung der Anlage zu kostspielig oder wegen der Strahlenbelastung unmöglich ist.

Bisher wurden in der Bundesrepublik stillgelegt: der Reaktor der »Otto Hahn«, der FR 2, ein Forschungsreaktor in Karlsru-

[53] IAEO-Bulletin Nr. 6/20 v. Dezember 1978, S. 24.

he, der HDR in Großwelzheim, das KKN in Niederaichbach und das KWL in Lingen und – wenn auch noch nicht offiziell verfügt – das KRB in Gundremmingen.

(4) Nach dem Grad der Wiederherstellung des ursprünglichen Zustandes werden drei Stillegungsvarianten unterschieden[54]:

- Beim gesicherten Einschluß, wie er für KWL und KRB vorgesehen ist, werden alle festen und unlöslichen radioaktiven Substanzen in einer dichten Sicherheitsumhüllung – z.B. im vorhandenen Sicherheitsbehälter – am Standort für längere Zeit eingeschlossen.
- Bei der Teilbeseitigung mit gesichertem Resteinschluß, wie er für den FR 2 vorgesehen ist, wird ein Teil der aktiven und inaktiven Bauteile und Komponenten – z.B. ab einer bestimmten Höhe über dem Erdboden – beseitigt. Alle festen und unlöslichen aktiven Restkomponenten bleiben langfristig in der dichten Sicherheitsumhüllung, deren sicherheitstechnische Überwachung gewährleistet wird. Die zu beseitigenden aktiven Substanzen werden, soweit erforderlich, zerkleinert, verpackt und anschließend einem externen Lager zugeführt.
- Bei der totalen Beseitigung schließlich, vorgesehen für HDR und KKN, werden alle aktiven und inaktiven Bauteile und Komponenten einschließlich der Fundamente abgebrochen und die aktiven Teile entsprechend zerkleinert, verpackt und einem externen Lager zugeführt.

(5) In Deutschland ist beabsichtigt, das technisch veraltete, nur kurz in Betrieb gewesene und im Juli 1974 abgeschaltete 100 MWe-Schwerwasser-Kernkraftwerk Niederaichbach bei Landshut an der Isar abzubrechen, total zu beseitigen und dabei Erfahrungen für andere Abbrüche zu sammeln. Voraussetzung wäre aber, daß ein Endlager für die größeren Komponenten und den radioaktiven Abfall zur Verfügung steht und genehmigt ist, was derzeit noch nicht zutrifft[55].

(6) Die IAEA veranstaltete im November 1978 in Wien gemeinsam mit der NEA der OECD ein internationales Symposium über die Stillegung von kerntechnischen Anlagen. Hier zeigte sich, daß nach Auffassung der Experten die totale Stillegung auch großer Kernkraftwerke mit den gegenwärtig verfügbaren technologischen Kenntnissen und Mittel möglich ist. Die

[54] Vgl. P. Borsch, Stillegung von Kernkraftwerken, Kernfragen, KFA Jülich.

[55] Vgl. H. Gallenbacher, J. Obst und W. Stach, Beseitigung des Kernkraftwerks Niederaichbach (KKN), atomwirtschaft 2/1981, S. 80.

freiwerdenden Standorte könnten dann ohne jede Einschränkung wieder für andere Zwecke verwendet werden.

5.3.8 Wirtschaftliche Bestimmungsgründe für Standorte von Kernenergieanlagen

Während die Wahl des Standortes eines herkömmlichen Wärmekraftwerks im wesentlichen bestimmt wird durch die Bedingungen der Versorgung mit fossilen Brennstoffen – bei Braunkohlekraftwerken scheidet wegen der Transportkosten ein anderer Standort als auf dem Braunkohlevorkommen überhaupt aus –, ist ein Kernkraftwerk von solchen Beschränkungen praktisch unabhängig. Die Brennstofftransportkosten sind minimal. Insofern bestünde daher die Möglichkeit der Wahl eines weitgehend verbrauchsorientierten Standortes, wenn dem nicht aus Gründen der Sicherheit Grenzen gesetzt wären. Für die Wahl der Standorte von Kernkraftwerken und anderer Kernenergieanlagen spielen ökologische Gründe in der Tat heute eine weit größere Rolle als wirtschaftliche.

Gleichwohl sollte auch hier die Zielsetzung einer möglichst wirtschaftlichen Versorgung nicht außer Betracht bleiben. In den vergangenen Jahren spielten vor allem folgende Kriterien bei der Wahl der Standorte eine Rolle:

(1) Ein Energieversorgungsunternehmen wird grundsätzlich bestrebt sein, ein Kraftwerk – zumal ein Kernkraftwerk großer Leistung – möglichst günstig zu dem bereits bestehenden *Stromleitungsnetz* anzulegen, schon mit Rücksicht darauf, daß das Verteilungsnetz einen etwa ebenso hohen Wert besitzt wie die Gesamtheit der Erzeugungsanlagen (1978 investierte die öffentliche Elektrizitätswirtschaft insgesamt 8,9 Mrd DM, davon 4,3 Mrd DM in Erzeugungs- und 3,6 Mrd DM in Fortleitungs- und Verteilungsanlagen. In den vorausgehenden Jahren lagen die Investitionen im Leitungsbereich stets über denen für die Erzeugung). Der Standort der Mehrzahl der in der Bundesrepublik installierten oder in Bau befindlichen Kraftwerke ist hierdurch mitbestimmt worden. Diese Neigung wird verstärkt durch die Erfahrung, daß es im allgemeinen einfacher und schneller möglich ist, die Genehmigung für den Bau eines Kernkraftwerks an einem bereits *bestehenden Standort* zu erlangen als an anderen Orten. Die aufgeschlossene Haltung der Bevölkerung in der Umgebung bestehender Kernkraftwerke rechtfer-

tigt häufig die Aussage: die besten Standorte sind solche, an welchen bereits ein Kernkraftwerk steht. Die wachsende Zahl der Standorte mit mehreren Kernkraftwerken oder Kraftwerksvorhaben zeigt dies: Biblis, Philippsburg, Lingen, Gundremmingen, Neckarwestheim u.a. Da die Strahlungsbelastung der Umgebung von Kernkraftwerken weit unter den zugelassenen Grenzwerten bleibt und auch kaum noch Anlaß zu Widerständen gibt, wirft eine Massierung von Kernkraftwerken an einem Standort insoweit keine Probleme auf.

(2) Im Rahmen der *Raumordnung* und *Regionalpolitik* spielt die Bereitstellung von Energie eine wichtige Rolle. Der Hauptausschuß der (Länder-)Ministerkonferenz für Raumordnung (MKRO) hat daher am 16. Juni 1971 festgestellt: »Die elektrizitätswirtschaftliche Erschließung ist für die strukturelle Entwicklung von Wirtschaftsräumen von erheblicher Bedeutung. Als Faktor der raumwirtschaftlichen Standortorientierung kommt ihr, ebenso wie dem Verkehrswesen und der Wasserwirtschaft, maßgebende Bedeutung zu. Kernkraftwerke mit niedrigen Stromerzeugungskosten können in der Nähe gelegene Abnehmer mit großem elektrischen Leistungsbedarf und hoher Benutzungsdauer preisgünstig beliefern und bieten damit Anreiz für die Neuansiedlung stromintensiver Großverbraucher.« Mit Blick auf die Errichtung von Unternehmen mit hohem Strombedarf, insbesondere solchen der Aluminiumindustrie, war die Standortplanung für die Kernkraftwerke Stade und Brunsbüttel in dieser Orientierung wegweisend. Großräumigere regionalpolitische Zielsetzungen wurden mit dem Bau der beiden Kernkraftwerke Garigliano und Latina zwischen Rom und Neapel verfolgt. Das alles wird heute kaum noch gesehen, bleibt aber gleichwohl richtig.

5.4 Vergleich der Umweltbelastungen aus herkömmlicher und nuklearer Stromerzeugung

Die von Kernkraftanlagen ausgehende Umweltbelastung ist zu sehen im Rahmen der Gesamtbeeinträchtigung unserer Umwelt durch die Energiewirtschaft, die in vielfacher Hinsicht zur Wirkung kommt

- durch nachteilige Veränderungen der Landschaft
- durch Lärm
- durch Verunreinigung der Luft

- durch Verschmutzung des Wassers – die »thermische Verschmutzung« eingeschlossen
- und durch radioaktive Verseuchung.

Zu diesen Beeinträchtigungen tragen alle Stufen der Energiewirtschaft bei: Erzeugung, Umwandlung, Transport und Verbrauch.

Geht man davon aus, daß die Elektrizitätswirtschaft, wie das Energiewirtschaftsgesetz dies vorschreibt, jedermann so sicher und so billig wie nur möglich mit Elektrizität versorgen muß, so ist unter der Hypothese weiterhin steigenden Bedarfs grundsätzlich nicht zu entscheiden, *ob* ein Kraftwerk zu bauen ist, sondern nur, *welcher Typ* gewählt werden soll. Das gleiche gilt bei den allfälligen Ersatzbauten für veraltete oder die Umwelt übermäßig belastende Kraftwerke. Bei begrenzten Möglichkeiten, die Wasserkraft weiter auszubauen, die Braunkohlengewinnung über die vorgesehenen Planungen hinaus zu steigern, den Ölverbrauch zu erhöhen und Erdgas entsprechend dem Bedarf für die Stromerzeugung zur Verfügung zu stellen, bleibt für den darüber hinausgehenden Ausbau der deutschen Kraftwerke nur die Wahl zwischen den Einsatzenergien (heimische oder eingeführte) Steinkohle und Kernenergie.

5.4.1 Vergleich der Schadstoffbelastungen

(1) Bei Investitionsentscheidungen ist unter Umweltaspekten auch zu prüfen, welche Schädigungen Steinkohle- oder Heizölkraftwerke verursachen, die als Alternativen zu Kernkraftwerken in Betracht kommen. Herkömmliche Wärmekraftwerke belasten die Umwelt vornehmlich durch Verschmutzung der Luft, insbesondere durch Schwefeldioxyd (SO_2)[56], Staub, Stickoxyde (NO_x), Fluor, Kohlenwasserstoffe (C_mH_n) und Kohlen-

[56] Ende 1980 wurde mitgeteilt, daß eine größere Anzahl von nordamerikanischen Binnenseen, vor allem im südlichen Kanada und in den nördlichen US-Staaten, durch Übersäuerung abgetötet wurden – »umgekippt« sind – mit der Folge einer starken Verminderung des Fischbestandes. Das gleiche gilt für einige skandinavische Gewässer. Wie der Säureregen, der diese Wirkungen hervorruft, zustande kommt, ist noch weitgehend unbekannt. Die Amerikanische Vereinigung zur Förderung der Wissenschaften (AAAS) geht davon aus, daß hierbei NO_X, vor allem aus Abgasen von Kraftfahrzeugen, und SO_2, vor allem aus Kraftwerken, eine wichtige Rolle spielen. Der Bundesminister des Inneren wies bei der Vorlage des Entwurfs einer neuen TA Luft am 14. September 1981 darauf hin, daß der „saure Regen" den Wäldern großen Schaden zufüge. Daher müßten drastische Maßnahmen gegen den Ausstoß von Schwefeldioxyd ergriffen werden.

Übersicht 145: Schadstoffemissionen durch fossile Brennstoffe in der Bundesrepublik Deutschland – 1972 – in 1000 Tonnen

	SO_2	Staub[a]	NO_x	C_mH_n	CO
Gewinnung, Transport, Lagerung	300	29	6	200	?
Endverbrauch	1900	370	780	360	6800
Stromerzeugung	1700	250	540	10	20
Summe[b]	3900	650	1300	570	6800

[a] ohne Staubemissionen aus industriellen Prozessen

[b] Im Jahre 1978 wurden insgesamt 20,5 Mio t Schadstoffe emittiert, davon 47% vom Verkehr (hier vor allem CO), 27% von der Industrie, 14% von Kraft- und Fernheizwerken (hier vor allem SO_2) und 12% von den Haushalten und dem Kleingewerbe. Verglichen mit der Zeit vor 1970 ist der Schadstoffauswurf der Industrie und der Kraftwerke um drei Viertel zurückgegangen.

Quelle: W. Schikarski, Konventionelle und nukleare Energieumwandlung – Auswirkungen auf die Umwelt, atomwirtschaft, Nov. 1978, S. 524 ff.

monoxyd (CO). In der Tat ist der Ausstoß, die *Emission*[57] chemischer Schadstoffe in die Atmosphäre zu einem wesentlichen Teil der Kraftwirtschaft zuzurechnen, wie die in Übersicht 145 genannten Mengenangaben zeigen.

Die in der Bundesrepublik als höchstzulässig angesehenen Schadstoffkonzentrationen in der Luft werden grundsätzlich, wie auch in den VDI-Richtlinien (VDI-Handbuch ›Reinerhaltung der Luft‹ von 1969) als Maximalwerte für die Belastung während einer halben Stunde angegeben. Die Umrechnung auf Jahresmittelwerte führt zu den in Übersicht 146 genannten *Schädlichkeitsschwellen* (Immissionsgrenzwerten). Soweit deutsche Richtwerte nicht bestehen, wurden dieser Übersicht amerikanische Richtwerte, nämlich die von der United States Environmental Protection Agency (USEPA) vorgeschlagenen Air Quality Standards zugrundegelegt. Die Übersicht nennt auch vergleichbare Schädlichkeitsschwellen für Xenon 133 und Krypton 85.

Um festzustellen, in welchem Maße die bereits in der Atmo-

[57] Es sind auseinanderzuhalten: *Emissionen,* das ist die Abgabe von Stoffen und Energie (Schall, Erschütterung, Strahlung, Wärme) aus einer Quelle an die Umwelt und *Immissionen,* das ist das Auftreten von Stoffen und Energie (s.o.) an einem bestimmten Ort, wodurch die Umweltverhältnisse für Mensch, Tier und Pflanze verändert werden.

Übersicht 146: Langzeit-Schädlichkeitsschwellen für Schadstoffkonzentrationen in der Luft – in Mikrogramm (10^{-6}g) bzw. Mikrocurie (10^{-6} Ci) je Kubikmeter (m^3)

	natürliche Konzentration	Immissionsgrenzwerte bei strenger Auslegung	bei toleranter Auslegung
SO_2 in μ g/m^3	10	80[a]	230[a]
Staub in μ g/m^3	40	75	75
NO_x in μ g/m^3	3	100	450
Fluor in μ g/m^3	0,05	1,6	11
C_mH_n in μ g/m^3	–	100	112
CO in μ g/m^3	0,08	8800	26400
Xe 133 in μ Ci/m^3	0,1[b]	0,1[b]	0,3[c]
Kr 85 in μ Ci/m^3	0,1[b]	0,1[b]	0,3[c]

[a] gemäß TA-Luft von 1974: 140 g/m^3. 1972 wurde dieser Langzeit-Immissionsgrenzwert in der Bundesrepublik noch in einem Gebiet von 600 km^2 überschritten. Wegen verbesserter räumlicher Verteilung erreichte diese Fläche 1974 nur noch 187 km^2. Gegenwärtig sind nur kleine Teilbereiche betroffen. Andererseits ist die Gesamtbelastung des Bundesgebiets mit SO_2 aber angestiegen.

[b] Dies entspricht einer Dosisbelastung von 150 mrem/a; die mittlere natürliche Strahlenexposition in der Bundesrepublik betrug 1972 etwa 110 mrem/a.

[c] Dies entspricht einer Dosisbelastung von 500 mrem/a.

Quelle: KFA-Studie ›Kernenergie und Umwelt‹, Jül-929-HT-WT-KfK-1366, März 1973; die Umrechnung der Kurzzeit- in Langzeit-Grenzwerte folgt den Untersuchungen von F. Wippermann.

sphäre vorhandenen Schadstoffe die Gesundheit gefährden, müssen die in Übersicht 145 enthaltenen Angaben über die insgesamt emittierten Schadstoffmengen umgerechnet werden in *Schadstoffkonzentrationen*, sowohl für die Bundesrepublik im Mittel als auch für Ballungsräume, jeweils unter Berücksichtigung der Wetterlage. Bei dieser Umrechnung sind Höhenverteilung, Verweilzeit bzw. Abbaurate und großräumige Zirkulation der verschiedenen Schadstoffe zu berücksichtigen.

Die Ergebnisse dieser Umrechnung stimmen bedenklich. Ein Team der KFA Jülich[58], das die vorliegenden Untersuchungsergebnisse zusammengefaßt und analysiert hat, stellt fest: »Die Belastung der Luft durch chemische Schadstoffe aus dem Bereich der gesamten Energieerzeugung hat bei den meisten Stoffen heute schon die zulässige Maximalkonzentration über-

[58] Bericht Jül-929-HT-WT-KFK-1366. März 1973, S. 102.

Übersicht 147: Belastung durch Emission chemischer Schadstoffe in % der Schädlichkeitsschwellen im Jahr 1970

	Mittel für das Bundesgebiet[a]		Mittel für den Ballungsraum Rhein/Ruhr bei strenger Auslegung	
	bei toleranter Auslegung	bei strenger Auslegung	und normaler Wetterlage	und Inversionswetterlage (Smog)
SO_2	92	260	396	3800
Staub	218	218	608	1400
NO_x	21	94	106	680
C_mH_n	6	61	59	110
CO	8	22	18	105
insgesamt	345	655	1189	6095
davon verursacht durch herkömmliche Wärmekraftwerke:				
SO_2	40	110	142	1370
Staub	58	58	81	190
NO_x	4	19	42	260
C_mH_n	–	6	–	–
CO	–	–	–	1
insgesamt	102	193	265	1821
Kraftwerkeanteil				
insgesamt %	34	32	24	30
dgl. beim SO_2	43	42	36	38

Quelle: Bericht Jül-929-HT-WT-KFK-1366. März 1973.

schritten. Bei Inversionswetterlagen (Smog) erreichen die Schadstoffkonzentrationen über dicht besiedelten Gebieten nicht mehr tolerierbare Werte«[58]. In der Tat gelangt die Jülicher Gruppe für 1970 zu den in Übersicht 147 genannten *relativen Schadstoffbelastungen*, das sind die aus Übersicht 145 durch Weiterrechnung sich ergebenden tatsächlichen Schadstoffkonzentrationen[59] in Prozent der in Übersicht 146 genannten Schädlichkeitsschwellen.

[59] Tatsächlich sind die abweichend errechneten Werte für das Jahr 1970 zugrundegelegt. Für den vor allem kritischen Schadstoff SO_2 stimmen die Ausgangswerte aber fast überein.

Bezogen auf die Immissionsgrenzwerte der TA Luft 1974 = 100 war die *relative Schadstoffbelastung*[60] des Jahres 1972 für SO_2: 146; Staub: 77; NO_x: 25; C_mH_n: 15 und CO: 35 (W. Schikarski, a. a. O.).

Man mag skeptisch gegenüber den Auswertungsmethoden der Jülicher Gruppe sein, unbestreitbar ist aber, daß die tatsächliche Belastung durch Emission chemischer Schadstoffe gemessen an den »VDI-Standards« für kurzfristige Expositionen recht hoch ist. In Ballungsräumen, insbesondere bei Smogwetterlagen, übersteigt sie auch bei toleranter Auslegung die Grenzwerte der Belastungen, die als schädlich gelten. Davon entfallen Anteile in einer Größenordnung von 30% auf den Betrieb von Kraftwerken[61].

(2) Diese Angaben machen die Bemühungen um eine Verminderung der Schadstoffabgabe der Kohlekraftwerke verständlich. In ihrer Untersuchung »The Siting of Major Energy Facilities« von 1979 demonstriert die OECD, welche Verbesserungen möglich sind. Die OECD-Untersuchung stellt verschiedene Kohlekraftwerke älterer und neuer Technologien im Hinblick auf ihre Emissionen gegenüber. Für ein 1000 MWe-Kraftwerk gibt die Untersuchung folgende Jahresemissionsraten:

- für ein Kohlekraftwerk herkömmlicher Bauart ohne besondere Umweltschutzvorkehrungen: 120000 t Schwefeloxyde, 22000 t Stickoxyde, hinzu kommen 300000 t feste Abfälle;
- für ein Kohlekraftwerk herkömmlicher Bauart mit Entschwefelungsanlage zur teilweisen Rückhaltung: 80000 t Schwefeloxyde pro Jahr, 22000 t Stickoxyde, weiterhin 345000 t feste Abfälle;
- für ein Kohlekraftwerk, erbaut auf Grund der neuesten Er-

[60] Die relative Schadstoffbelastung entspricht dem Verhältnis der durchschnittlichen Schadstoff-Konzentration zu der für verschiedene Schadstoffe auf vergleichbare Weise ermittelten (z. B. auf der Basis von Schadstoff-Wirkungsgrenzwerten) zulässigen (vertretbaren) maximalen Immissionskonzentration. Der Begriff der relativen Schadstoffbelastung als dimensionslose Größe erlaubt also den Vergleich von Umweltauswirkungen unterschiedlicher Schadstoffe unter Berücksichtigung von Immission und Wirkung. Neuerdings wird diese Größe auch als *Umwelt(belastungs)index* bezeichnet.

[61] In seiner bereits erwähnten Reutlinger Rede vom 22. Juni 1975 wies C. F. v. Weizsäcker darauf hin, es sei errechnet worden, daß ein 1000-MWe-Kohlekraftwerk durch seine Emissionen im Jahr etwa 70 Menschen töte, wenn man dieselbe Rechenweise anwende, mit der man mutmaßliche Todesfälle durch freigesetzte Radioaktivität aus Kernspaltung abschätzt. Zum Grad der Zuverlässigkeit dieser Schätzung soll hier nicht Stellung genommen werden. Sicher ist aber, daß auch die Stromerzeugung aus fossilen Brennstoffen ihre Opfer fordert.

Übersicht 148: Umweltwirkungen (Jahresstoffumsätze) eines 1000 MWe-Kraftwerks bei 6500 h/a

	Einheit	Steinkohlenkraftwerk	Ölkraftwerk	Kernkraftwerk	
O_2-Verbrauch[a]	1000 t	7400	7400	–	gasförmig
CO_2-Ausstoß[a]	1000 t	6000	6000	–	
SO_2-Ausstoß	1000 t	60–120	40	–	
NO_x-Ausstoß	1000 t	22	20	–	
C_xH_y-Ausstoß	t	260	500	–	
CO-Ausstoß	t	400	7	–	
Flugasche	t	3000	500	–	
Radium-226	m Ci	10	0,10	–	
Edelgase	1000 Ci	–	–	20	
Spaltprodukte	Ci	–	–	1,5	flüssig
Tritium	Ci	–	–	900	
Abwärme	TWh	11	11	14	
Asche	1000 t	320	–	–	
Spaltprodukte	t	–	–	0,8[c]	
Kühlung[b]	$10^3\ m^3$	4100	4100	5600	fest
Platzbedarf	m^2/MW	15	15	10	

[a] 0,4 kg SKE (7000kcal/kg)/kWh bei 80% Auslastung
[b] Wasserbedarf
[c] $100\ m^3$ mittelradioaktiv in Beton und $3{,}5\ m^3$ hochradioaktiv in Glas; größtenteils nach H. Grümm

kenntnisse der Technik: 12000 t Schwefeloxyde, 10000 t Stickoxyde, aber 1000000 t feste Abfälle.

Mit den Mitteln der modernen Technik gelingt es somit, die Abgabe von Schwefel- und Stickoxyden an die Luft zu reduzieren[62]. Damit steigt aber der Anfall an festen Abfällen, weil zur Bindung von Schwefel- und Stickoxyden andere Stoffe benutzt werden, die dann als Abfall zusammen mit dem Schwefel gelagert werden müssen. Damit wird die Luftverunreinigung reduziert, der Anfall an festen Abfällen dagegen überproportional vermehrt.

(3) Demgegenüber sind die nach entsprechenden Grundsätzen errechneten »relativen Schadstoffbelastungen« aus dem Be-

[62] Die STEAG rechnet mit einer Reduktion des Ausstoßes von Schwefeldioxyd um 73% und des Staubanfalls um 88% (VDI-Nachrichten v. 4. 8. 1978).

trieb von Kernkraftwerken recht gering. Wie Übersicht 137 (S. 694) zeigt, erreichen die tatsächlichen Radioaktivitätsabgaben der deutschen Kernkraftwerke allenfalls wenige Prozent der den Schädlichkeitsschwellen vergleichbaren Genehmigungswerte.

(4) Diese Vorbemerkungen waren notwendig, um ein Urteil über die *Umweltrelevanz von Kraftwerksplanungen* abgeben zu können. Die Ausgangsdaten für einen Vergleich der Umweltbelastungen der drei alternativ in Betracht kommenden Kraftwerkstypen liefert Übersicht 148.

(5) Kohlekraftwerke emittieren mit ihrer Flugasche auch Radioaktivität. Dies ist seit langem bekannt. Daß sie damit die Umgebung aber mehr – fast 100mal so stark – belasten als Kernkraftwerke, ist das überraschende Ergebnis einer Anfang Februar 1978 bekanntgegebenen Untersuchung der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB). In dem Bericht der PTB heißt es wörtlich:

»Ein modernes Steinkohlekraftwerk mit einer Leistung von 300 Megawatt gibt im Jahr etwa 500 Tonnen Flugasche mit der Abluft an die Umgebung ab. In der Flugasche sind eine Reihe von radioaktiven Stoffen aus der Kohle angereichert. Unter anderem werden aus dem Schornstein jährlich etwa 30 mCi Blei-210 und 4 mCi Radium-226 emittiert. Die Aufnahme dieser Stoffe mit der Nahrung führt nach den oben erwähnten Berechnungsgrundlagen zu einer Strahlenbelastung der Knochen, die im Jahr immerhin 19 mrem betragen kann[63]. Auch bei Kernkraftwerken ist die Aufnahme mit der Nahrung der kritische Belastungspfad, und zwar überwiegend von radioaktivem Jod-131. Modernere Kernkraftwerke mit einer Leistung von 600 Megawatt emittieren im Durchschnitt etwa 10 mCi Jod-131 im Jahr. Dies führt unter ungünstigsten Bedingungen zu einer Strahlenbelastung der Schilddrüse von 0,4 mrem.

Da die Strahlenexposition der Schilddrüse und der Knochen mit dem gleichen Risikofaktor zu bewerten ist, zeigen die Ergebnisse, daß allein das Strahlenrisiko in der Umgebung eines modernen Steinkohlekraftwerks – auf gleiche Leistung bezogen

[63] Nach einer im Herbst 1980 veröffentlichten Studie des britischen National Radiological Protection Board (NRPB) führt die Abgabe radioaktiver Stoffe aus Kohlekraftwerken an die Umgebungsluft für Einzelpersonen in der Umgebung eines 2000-MW-Kohlekraftwerkes zu einer zusätzlichen Strahlenbelastung von 23 mrem/a (Financial Times v. 27. 11. 1980).

– fast 100mal so groß ist wie in der Umgebung eines Kernkraftwerks.

Dennoch kann man getrost feststellen, daß auch die von Kohlekraftwerken emittierten radioaktiven Stoffe keine Umweltbelastung darstellen; denn erstens liegen die Ergebnisse der Berechnung im Rahmen des Schwankungsbereichs der natürlichen Strahlenbelastung und zweitens dürften die tatsächlichen Werte wegen der extrem ungünstigen Annahmen des Rechenmodells in beiden Fällen weit unter den bezeichneten Werten liegen.«

Diese Feststellung hat der Bundesminister des Inneren im Frühjahr 1978 dem Bundestag bekanntgegeben und methodologisch erläutert und gerechtfertigt.

(6) Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß das von Kohlekraftwerken ausgehende Gesundheitsrisiko wegen der großen Massenumsätze merklich höher ist als das von Kernkraftwerken. Dies bleibt nach H. Grümm auch richtig, wenn man auf der nuklearen Seite nicht nur die Kernkraftwerke allein berücksichtigt, sondern den ganzen Brennstoffkreislauf unter Einschluß des Uranbergbaus und der Entsorgung einbezieht[64]. W. Schikarski macht dazu folgende Angabe: Wird unterstellt, daß der gesamte deutsche Strombedarf des Jahres 1972 entweder ausschließlich durch Kohlekraftwerke oder ausschließlich durch LWR-Kernkraftwerke gedeckt worden wäre, so hätte sich im ersten Fall eine relative Schadstoffbelastung – ein Umweltbelastungsindex – über eins, nämlich von 1,8 und im zweiten Fall ein Index von nur 0,007 ergeben. In der Kohlehypothese wird Teilentschwefelung des Rauchgases auf 2,75 kg SO_2/h · MW angenommen, in der Nuklearhypothese ist die Wiederaufarbeitung mit einer Abgasreinigung von 99% einbezogen[65].

Der vom Bundesminister des Inneren eingesetzte Sachverständigenrat für Umweltfragen weist in seinem im Frühjahr 1981 vorgelegten Sondergutachten „Energie und Umwelt“ auf die ökologischen Risiken eines verstärkten Einsatzes von Kohle und des weiteren Ausbaus der Kernenergie hin und spricht sich für Nutzung aller Möglichkeiten zur Einsparung von Energie aus. Beim LWR und SNR geht das Gutachten von einem „Unfall schwerster Art“ aus, dessen kalkulierbare Eintrittswahrscheinlichkeit aber „extrem gering“ sei. Andererseits wird in

[64] H. Grümm, Vergleichsmaßstäbe für das Risiko der Kernenergie im Weltproblem Rohstoff, Energie, Wien 1978, S. 34.

[65] W. Schikarski, Konventionelle und nukleare Energieumwandlung – Auswirkungen auf die Umwelt, atomwirtschaft, November 1978, S. 524ff.

dem Gutachten eindringlich vor der Annahme gewarnt, daß eine verstärkte Nutzung der Kohle nur vorübergehende Schäden mit sich bringe. Die Risiken von Produkten der Kohleverbrennung seien nur unvollkommen bekannt. Es träten zahlreiche erbgutändernde und krebserzeugende Stoffe auf, deren Meßbarkeit nicht sehr weit entwickelt und deren Wirkungsprinzipien nicht verläßlich quantifizierbar seien. Daher werde „mit kritischer Aufmerksamkeit“ der energiepolitische Kurs beobachtet, die Industriefeuerung mit Kohle und den Bau großer und kleiner Kraft- und Heizwerke auf Kohlebasis zu forcieren. Schließlich stellt das Gutachten fest, daß regenerierbare Energien von Natur aus keineswegs umweltfreundlich seien. Ohne große Umweltbelastungen könnten diese Energien nicht zum Träger einer expansiven Angebotsstrategie werden.

5.4.2 Die TA Luft

(1) Die deutschen gesetzgebenden Organe haben eine Reihe von Vorschriften in Kraft gesetzt, um die von herkömmlichen Energieprozessen verursachten Schädigungen der Umwelt in Grenzen zu halten. Auf der Grundlage des am 1. April 1974 in Kraft getretenen Bundes-Immissionsschutzgesetzes wurden erlassen:

- Die Technische Anleitung zur Reinerhaltung der Luft (TA Luft) vom 28. August 1974, durch die neue Grenzen für Schadstoffkonzentration und Emission luftverunreinigender Anlagen fixiert werden.
- Die Dritte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes vom 15. Januar 1975, durch die der zulässige Schwefelgehalt von leichten Heizölen und Dieselkraftstoff bis Ende 1978 stufenweise bis auf 0,3 Gewichtsprozent herabgesetzt wird.
- Eine weitere Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, durch die der Schwefelgehalt schwerer Heizöle ebenfalls stufenweise vermindert werden soll.

Die Reinerhaltung des *Wassers* wird durch zwei Gesetze gewährleistet, das Vierte Gesetz zur Änderung des Wasserhaushaltsgesetzes vom 26. April 1976 und das Abwasserabgabegesetz vom 13. September 1976. Man erwartet von diesen Gesetzen eine bessere Klärung der Abwässer der Kokereien und des Bergbaus und eindeutigere Regeln für die Abgabe von Abwärme durch Kraftwerke an Gewässer.

(2) Die Immissionsgrenzwerte der TA Luft vom 28. August

1974 waren in ihrer Höhe so fixiert worden, daß die im Ruhrgebiet seit geraumer Zeit geplanten Steinkohlekraftwerke, vor allem Voerde (Niederrhein) und Scholven (Gelsenkirchen) genehmigt werden konnten. Das geschah auch. Beide Genehmigungen wurden aber vor Verwaltungsgerichten angegriffen[66].

Das ursprünglich auf 1,2 Mrd DM veranschlagte Projekt Voerde konnte nicht wie vorgesehen weitergebaut werden: das Verwaltungsgericht Düsseldorf hatte auf Antrag von zunächst zwei Kraftwerksgegnern mit seinem bereits an anderer Stelle erwähnten Beschluß vom 15. September 1975 die sofortige Vollziehbarkeit der Genehmigung zum Bau dieses 1500 MWe-Steinkohlekraftwerks und auch die vom zuständigen Regierungspräsidenten erteilte Genehmigung aufgehoben, weil nach seiner Auffassung die Anforderungen der TA Luft nicht erfüllt waren. Das Gericht vermißte in der TA Luft eine klar zum Ausdruck gebrachte Anlauf- und Regulierungsfrist, nach deren Auslaufen erst die Meßwerte dieser Anweisung voll zu erfüllen sind. Verständlicherweise löste dieses Urteil scharfe Proteste des Kohlenbergbaus und der IG Bergbau und Energie aus.

Wider Erwarten bestätigte die Berufungsinstanz, das Oberverwaltungsgericht Münster, das Urteil von Düsseldorf am 7. Juli 1976, und zwar mit der Begründung, die TA Luft habe nur die Qualität einer »allgemeinen Verwaltungsvorschrift« und binde deshalb allenfalls die Genehmigungsbehörden, nicht aber die Gerichte. Diese könnten in den Immissionsgrenzwerten der TA Luft lediglich »Markierungen« für einen Übergangswert von unschädlicher zu schädlicher Umwelteinwirkung sehen, die eine »Bandbreite« für die Beurteilung lassen. Im übrigen war das Gericht der Auffassung, daß die bisherigen Meßmethoden wissenschaftlich noch nicht ausreichend erprobt seien. Dieses Urteil wurde gesprochen, nachdem die nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz erlassene TA Luft im Eilverfahren revidiert worden war, um den Bedenken der Vorinstanz Rechnung zu tragen.

[66] Gegen den im Januar 1980 in Betrieb genommenen 740-MWe-Block F des Steinkohlekraftwerks Gelsenkirchen-Scholven der VEBA-Kraftwerke Ruhr AG sind bei Verwaltungsgerichten noch 13 Klagen anhängig. Dieser Block von Scholven war der erste Steinkohleblock, der in Nordrhein-Westfalen seit 1971 den Betrieb aufgenommen hat. Am 30. April 1981 beschloß der Rat der Stadt Marl gegen die geplante Erweiterung des Kraftwerkskomplexes der VEBA-Kraftwerke Ruhr AG im benachbarten Gelsenkirchen zu klagen, da im nördlichen Ruhrgebiet die Grenzwerte des Bundesimmissionsschutzgesetzes stellenweise bereits überschritten seien.

Die dritte und in diesem Rechtszuge letzte Instanz, das Bundesverwaltungsgericht (BVerwG) in Berlin, entschied schließlich am 17. Februar 1978, daß die Bauarbeiten für das mit zwei Blöcken von je 707 MWe geplante Steinkohlekraftwerk Voerde doch wiederaufgenommen werden dürfen. Der Kläger, Ingenieur Hans Bassfeld, werde durch den Bau und Betrieb dieses Kraftwerks in seinen Rechten nicht verletzt. Die Immissionswerte der TA Luft 1974 seien im Gegensatz zu der Auffassung der Vorinstanz für den Regelfall geeignete und verbindliche Beurteilungsgrundlagen dafür, ob Luftverunreinigungen nach Art, Ausmaß und Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeizuführen[67]. Auch nach diesem Urteil bleibt Rechtsunsicherheit, einmal weil die Bindung an die TA Luft nur für den Regelfall bejaht wird, bei Vorliegen nicht näher definiter atypischer Sachverhalte Ausnahmen aber möglich sind, und sodann konkret für Voerde, weil nur vorläufig und mit zahlreichen Auflagen entschieden wurde, so daß, wie das BVerwG ausdrücklich feststellt, die endgültige Erfüllung der Auflagen und damit die abschließende, von den Gerichten anzuerkennende Genehmigungsfähigkeit noch keineswegs feststeht.

Die durch den Rechtsstreit in Voerde entstandenen Verzögerungen in der Fertigstellung, die Beschäftigungsausfälle und die Mehrkosten sowohl der Beteiligten (STEAG, RWE und Bauunternehmen) als auch der öffentlichen Hand sind erheblich. Gleichwohl beendete der Spruch des Bundesverwaltungsgerichts den Rechtsstreit nicht. Gegen die nach diesem Spruch im Juni 1978 erteilte abschließende Bau- und Betriebsgenehmigung hat der Kläger erneut prozessiert und in der ersten Instanz, dem

[67] Um die Vorhaben für die Steinkohlekraftwerke Bergkamen/Ruhrgebiet und Bexbach/Saarland drohte es zu ähnlich langwierigen und kostspieligen gerichtlichen Auseinandersetzungen zu kommen wie in Voerde. In beiden Fällen konnten die klagenden Bürgerinitiativen aber durch Geldzuwendungen seitens der Auftraggeber abgefunden, d.h. dazu bestimmt werden, ihre Klagen zurückzuziehen. Im Falle Bergkamen ging es dann noch um die Frage, ob die Abfindung in Höhe von 1,5 Mio DM sittenwidrig sei oder gar erpreßt wurde, zu einem Rechtsstreit. Im Oktober 1978 qualifizierte das Landgericht Dortmund diese Absprache als sittenwidrig und damit nichtig. Dieses Urteil wurde im Februar 1979 vom Oberlandesgericht Hamm aufgehoben. Das Gericht entschied zugunsten der abzufindenden Bürgerinitiative und wurde darin im Dezember 1980 vom Bundesgerichtshof bestätigt. Es wird die Meinung vertreten, daß diese Entscheidung geradezu dazu provoziert, Umweltschutzforderungen mißbräuchlich geltend zu machen.

Verwaltungsgericht Düsseldorf, verloren. Der Kläger hat gegen dieses Urteil aber Berufung beim Oberverwaltungsgericht Münster eingelegt. Dessen Entscheidung steht noch aus[67a]. Ungeachtet der im Laufe des langen Rechtsstreits offenbar gewordenen Unsicherheiten sind die Bauarbeiten im September 1979 wieder aufgenommen worden. Dies ändert aber nichts an der allgemeinen Feststellung, daß Bauvorhaben für Steinkohlekraftwerke vor allem im Ruhrgebiet sich in ganz erheblichem Umfange verzögern oder gar stillstehen, weil die damit verbundenen Risiken nicht »weitgehend überschaubar und zumutbar sind«.

(3) Vor allem nach dem erwähnten Urteil des OVG Münster vom 7. Juli 1976 bestand Übereinstimmung, daß die durch das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) und die TA Luft verursachte Rechtsunsicherheit zu beseitigen sei.

Die Vorschläge zur Neufassung beider Vorschriften aufgrund des Beschlusses der Bundesregierung vom 11. November 1977 stießen jedoch in der Wirtschaft und in der Wissenschaft (vor allem in der Sachverständigenanhörung im Januar 1980) auf heftigen, vom Bundesrat aufgenommenen Widerspruch, einmal weil die gewünschte rechtliche Verbindlichkeit der Immissionsgrenzwerte durch die Möglichkeit der Abweichung wegen besonderer Umstände des Einzelfalls nicht gesichert sei und sodann, weil zum »Schutz des vorhandenen Bestands an Tieren, Pflanzen und sonstigen Sachgütern« für bestimmte Gebiete weit strengere Schwellenwerte gelten, die dort jede weitere Industrieansiedlung verhindern und damit den Prozeß der Konzentration in den Ballungsgebieten zusätzlich fördern würden. Der Bundesminister des Inneren G. Baum gab dann auch am 28. Februar 1980 zu, daß – in dieser Legislaturperiode – die Novellierung des Bundesimmissionsschutzgesetzes gescheitert sei. Es bleibt nun abzuwarten, was geschieht.

Der Autor beschränkt sich darauf, festzustellen, daß die Politiker offenbar auch auf diesem Gebiet nicht in der Lage sind, in den gebotenen Fristen Gesetze zu verabschieden, die die Rechtsunsicherheiten beheben und die Unternehmen damit in die Lage versetzen, über Investitionen ohne unzumutbares Risiko zu entscheiden.

[67a] Im Juni 1981 endlich wies das Oberverwaltungsgericht Münster eine auf Umweltschutzeinwände gestützte Berufungsklage gegen die vom Gewerbeaufsichtsamt Duisburg erteilte Betriebsgenehmigung für die beiden 707 MWe-Blökke zurück und ließ eine Revision nicht zu. STEAG und RWE können nun das seit Jahren umstrittene Steinkohlekraftwerk Voerde fertigstellen.

5.4.3 Risiko-Vergleiche

(1) Die beharrlichen Hinweise auf mögliche Gefahren der Kernenergie – zumal nach Harrisburg – legen nahe, die Risiken herkömmlicher und nuklearer Energieerzeugung miteinander zu vergleichen. Ein solcher Vergleich muß umfassend sein. Die folgenden Überlegungen mögen dies deutlich machen.

In der Auseinandersetzung um das Risiko der Energieerzeugung stehen die von den Kernkraftwerken und anderen Kernenergieanlagen bei Normalbetrieb, Störfall und Unfall ausgehenden radioaktiven Belastungen regelmäßig im Vordergrund. Es wird zumeist übersehen oder auch verschwiegen, daß jede andere Energie, die die Stelle der Kernenergie einnehmen soll, gleichfalls Probleme mit sich bringt, übrigens auch ein wie auch immer gearteter vollständiger oder teilweiser Verzicht auf (Ersatz-)Energie. Soll auf Kernenergie verzichtet werden, so ist daher zu prüfen:

- unter welchen Umständen und in welchen Mengen bei alternativen Energiequellen oder bei Energieverzicht belastende Stoffe – welche? – freigesetzt bzw. direkte Gefährdungen – welche? – ausgelöst werden,
- in welchem Zustand und in welcher Zeit die belastenden Stoffe und Gefährdungen auftreten,
- welche Ausbreitungsbedingungen herrschen und wie sich die Bevölkerung verhält.

Freisetzungen belastender Stoffe und direkte Gefährdungen können stattfinden beim Bau einer Anlage zur Energie-Erzeugung, -Umwandlung oder -Verteilung, beim Betrieb einer solchen Anlage oder bei einem Unfall auf irgendeiner Stufe des Energiesystems.

(a) Der Bau von Energieanlagen und die Gewinnung oder Herstellung der Brennstoffe führen regelmäßig – übrigens auch über die hierfür eingesetzte Energie – zu Schadstoffabgaben und Direktgefährdungen. So ist statistisch nachweisbar, daß der Bau der Staumauer eines Wasserkraftwerks nicht ungefährlich für die eingesetzten Arbeitskräfte ist.

(b) Viele Energieerzeugungssysteme – Kohle- und Ölkraftwerke, geothermische Kraftwerke, aber auch kohle- oder ölbefeuerte Hausbrandanlagen usw. – emittieren erhebliche Mengen an Schadstoffen. Die Gefährlichkeit dieser Schadstoffe für die Gesundheit der Bevölkerung ist im Detail weniger erforscht als die radioaktiver Strahlung, auf die sich die internationale For-

schung der letzten Jahrzehnte konzentriert hat. Wie gezeigt wurde, liegt die durch den Betrieb kerntechnischer Anlagen verursachte Strahlenbelastung unterhalb der Nachweisbarkeitsgrenze für Gesundheitsschäden. Die aus der Verbrennung fossiler Energieträger herrührende Konzentration einiger Schadstoffe in der Luft ist dagegen nachweisbar gesundheitsschädigend. Ein Beispiel hierfür war der 1978 in Teilen von Nordrhein-Westfalen ausgelöste Smog-Alarm. Weil die Synergismen, d.h. die Effekte des gleichzeitigen Zusammenwirkens verschiedener Schadstoffe auf die Bevölkerungsgesundheit, noch nicht ausreichend erforscht sind, lassen sich die jährlichen Erkrankungszahlen, die auf Energiegewinnung durch Verbrennung zurückgehen, nur grob angeben. Es gibt aber deutliche Hinweise für die Richtigkeit der Vermutung, daß die *jährlichen* Todeszahlen aus verbrennender Energiegewinnung in der gleichen Größenordnung liegen wie die erwarteten Todeszahlen bei einem *(einmaligen)* hypothetischen schweren Reaktorunfall, mit dem gemäß der Deutschen Risikostudie allenfalls in einer recht großen Anzahl von Jahren zu rechnen ist (vgl. Abb. 87).

(c) Bei Unfällen in nichtnuklearen Energieerzeugungssystemen sind in aller Regel weit weniger Menschen betroffen als bei – bislang hypothetischen – schweren Unfällen in Kernkraftwerken (auch Harrisburg hat kein Opfer an Menschenleben gefordert). Andererseits finden nicht-nukleare Unfälle sehr viel häu-

Übersicht 149: Jährliche Todesfälle und Verletzungen in den USA im Zusammenhang mit Stromerzeugungsanlagen auf der Basis von Kohle, Öl und Erdgas, bezogen auf ein 1000-MWe-Kraftwerk mit 6000 Benutzungsstunden:

	Todesfälle	Verletzungen
Kohle		
Untertage	4,0	112,30
Übertage	2,64	41,20
Rohöl		
an Land	0,35	32,30
auf See	0,35	32,30
Import	0,06	5,70
Erdgas insgesamt	0,20	18,30

figer statt. Bundeskanzler H. Schmidt wies am 4. Juli 1979 in der energiepolitischen Debatte des Deutschen Bundestages auf die 15500 Bergleute hin, die zwischen 1949 und 1978 in den deutschen Steinkohlerevieren ihr Leben verloren (vgl. dazu Übersicht 149). Ein Beispiel mag zeigen, in welchem Maße auch die Energieverbraucher betroffen sein können: Rüstet man 10000 Häuser mit thermischen Sonnenkollektoren für die partielle Raumheizung aus und läßt man sie nur zweimal im Jahr säubern, so ergeben sich jährlich 20000 Arbeiten auf den Dächern. Die Zahl der zu erwartenden Unfälle ist auch dann schon recht hoch, wenn diese Arbeiten von Fachleuten ausgeführt werden. Dies zeigen die Unfallstatistiken des Dachdeckerhandwerks. Nicht fachlich vorgebildete und ausgerüstete Privatleute wären bei solchen Arbeiten vor allem auf verschneiten Dächern weit mehr gefährdet. Insgesamt kann wohl mit jährlich 10 bis 100 Unfällen gerechnet werden. In besonderem Maße unfallträchtig sind auch die Arbeiten in Bergwerken, die Anlage von Stauseen[68] und der Bau von Windenergieanlagen.

(2) Umfassende Risikovergleiche sind schwierig wegen der vielfältigen Probleme der grundsätzlichen Gestaltung, der Erfassung der Risiken und der unzulänglichen statistischen Daten. Die Ergebnisse eines ersten solchen, sicherlich noch mangelhaften Vergleichs hat der Kanadier H. Inhaber im Frühjahr 1978 bekanntgegeben[69]. Inhaber berücksichtigt die folgenden Schadensquellen:

[68] Peter Beckmann weist in seinem viel beachteten Buch »The Health Hazards of NOT going Nuclear« (Golem Press 1976) auf vier Dammbrüche mit zahlreichen Todesfällen hin: St. Francis-Staudamm (Kalifornien) im März 1928: 450 Tote; Malpasset-Staudamm (Frankreich) im Dezember 1959: 412 Tote; Vaiont-Damm (Italien) im Oktober 1963: 2000 Tote bei Bergsturz in den Stausee und schließlich Buffalo-Creek-Damm (West Virginia) im Februar 1972: 118 Tote.

Der Staudammbruch mit anschließender Überflutung im August 1979 in Morvi/Indien hatte 15000 Tote zur Folge. Der geneigte Leser möge sich einmal ausmalen, wie die Medien reagiert hätten, wenn ein Unfall mit einer so großen Zahl an Opfern bei einem Kernkraftwerk eingetreten wäre.

[69] H. Inhaber (Atomic Energy Control Board), Risk of Energy Production; Ottawa, Ontario, Rev-1, 2. Aufl., Mai 1978, AECB 1119. Hinsichtlich ihrer Methoden und Ergebnisse ist die Inhaber-Studie in jüngerer Zeit mehrfach kritisiert worden. Reiner Papp schließt seinen Aufsatz »Risiken der Energieerzeugung« (Energiewirtschaftliche Tagesfragen 1/81) mit der Aufforderung, die in dieser Studie erzielten Ergebnisse sollten nicht weiterhin »als Grundlage der Meinungsbildung oder gar als Basis einer Energiepolitik dienen«. Er bestätigt aber die wichtigste Feststellung der Studie, nämlich die in Abb. 98 wiedergegebene Reihung nach fallenden Risiken: Kohle und Öl; Solarenergie, Methanol und Wind; Kernenergie und Erdgas. Die hier wiedergegebenen Aussagen der Inha-

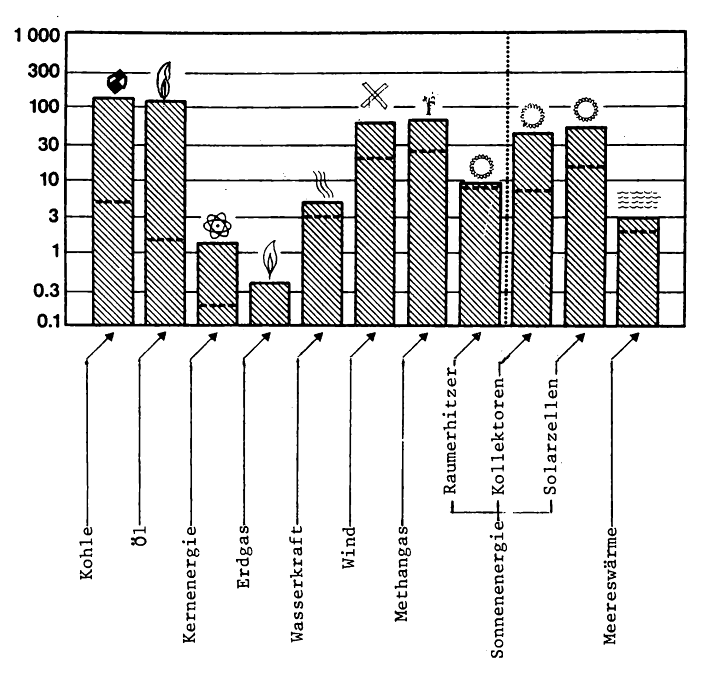


Abb. 98: Zahl der Toten insgesamt (Berufsunfälle und Umgebungsbevölkerung) je MWa erzeugter elektrischer Nettoleistung für verschiedene Technologien; nach H. Inhaber.

Gewinnung von Rohmaterialien und Brennstoffen;
Fertigung der Teile für den Bau von Anlagen;
Montage der Anlagen;
Betrieb und Wartung der Anlagen;
Abfallbeseitigung;
Transporte von Rohmaterialien, Brennstoffen und gefertigten Teilen.

Die Studie gelangt im Ergebnis zu dem aus Abb. 98 abzulesenden Vergleich der Risiken der verschiedenen Technologien

ber-Studie sollten daher nicht als exakte Meßergebnisse, sondern als Darstellung der Größenordnungen und der Tendenzen verstanden werden. Vgl. dazu auch K.-H. Lindackers, Risiken aus der Energiebedarfsdeckung, Vortrag auf der Informationstagung des Deutschen Atomforums »Kernenergie vor dem Hintergrund der Weltenergielage« am 22. 1. 1980 in Mainz, abgedruckt in H. Michaelis (Hrsg.), Existenzfrage: Energie – Die Antwort: Kernenergie, Düsseldorf 1980, S. 243f.

der Energieerzeugung. Erfaßt sind sowohl die tödlichen Berufsunfälle als auch die Toten in der Umgebungsbevölkerung. Zu beachten ist der logarithmische Maßstab.

Es ist zu fragen, ob die Ergebnisse, die für nordamerikanische Verhältnisse gelten, auf europäische Gegebenheiten übertragbar sind. Dies ist sicherlich nur begrenzt möglich wegen der unterschiedlichen Produktionsverhältnisse und Unfallstatistiken. Was die SO_2-Emissionen und die darauf zurückzuführenden Gesundheitsschädigungen angeht, so differieren die Angaben in der Literatur erheblich. Der Inhaber-Studie liegen vergleichsweise hohe Werte zugrunde. Aber auch mit weit niedrigeren Werten würde das Risiko der Steinkohlestromerzeugung – als Ganzes gerechnet – höher bleiben als das der Kernstromerzeugung – gleichfalls als ganzes gerechnet. Die Sonnenenergie ist nach H. Inhaber global gerechnet etwa 14mal so gefährlich wie die Kernenergie.

(3) Auch Gesichtspunkte des Umweltschutzes sprechen somit zugunsten der Kernenergie. Unter voller Berücksichtigung des zwar unwahrscheinlichen aber im Eintrittsfalle folgenschweren Unfallrisikos der Kernenergieanlagen sind sich Schadensstatistiker und Risikoforscher weitgehend darin einig, daß die Kernenergie bei ihrem bereits erreichten Entwicklungsstand umweltfreundlicher und risikoärmer ist als andere mit ihr in Wettbewerb stehende Arten der Elektrizitätserzeugung. Das läßt sich durch zahlreiche Erklärungen belegen. Erwähnt sei hier nur die im Januar 1975 veröffentlichte Stellungnahme zur Bedeutung der Kernenergie, die von 28 amerikanischen Wissenschaftlern, darunter 11 Nobelpreisträgern, unterschrieben wurde, so von Hans A. Bethe, I. I. Rabi, E. P. Wigner, W. S. Libby, G. T. Seaborg, N. Rasmussen, E. Teller, A. M. Weinberg und V. Weisskopf. In der Stellungnahme heißt es: »Kernkraft, Höhepunkt grundlegender Entdeckungen im Bereich der Physik, ist in der Stromerzeugung heutzutage zur Realität geworden. Kernenergie unterliegt der Kritik, doch fehlt ihren Kritikern unserer Meinung nach das Augenmaß hinsichtlich Einsatzfähigkeit anderer Energiequellen und Umfang der Brennstoffkrise. Überall, wo Energie freigesetzt wird, entstehen Risiken, und da macht auch die Kernenergie keine Ausnahme ... Im Gegensatz zu der publizistischen Panikmache, die mit einigen eingetretenen Störfällen betrieben worden ist, ist keine nennenswerte Menge an radioaktiven Stoffen aus irgendeinem kommerziellen Kernkraftwerk in den USA entwichen. Wir vertrauen darauf,

daß technische Erfindungsgabe und Sorgfalt im Betrieb die Sicherheit in allen Phasen des Kernenergieprogramms weiterhin verbessern, auch in den schwierigen Bereichen des Transportes und der Beseitigung radioaktiver Abfälle ... Wir können keine vernünftige Alternative zu einer vermehrten Nutzung der Kernenergie für die Deckung unseres Energiebedarfs erblicken.«

5.5 Grenzen der Energieerzeugung

5.5.1 Globalmodelle für die Weltentwicklung

(1) Die Frage nach den der Energieerzeugung gesetzten Grenzen ist zu untersuchen im Rahmen der weit über diesen Sektor hinausgreifenden Frage nach den *Grenzen*, die unserer *wirtschaftlichen Entwicklung* überhaupt gesetzt sind. J. W. Forrester[70] hat mit dem von ihm konzipierten »Weltmodell« den Versuch unternommen, Zustand und Zukunft der Welt durch fünf Parameter zu bestimmen: die Bevölkerungszahl, die Rohstoffvorräte, den Kapitaleinsatz, die Nahrungsmittelerzeugung und die Umweltverschmutzung. Auf Initiative und mit Unterstützung von 70 im »Club of Rome« zusammengeschlossenen Wissenschaftlern hat, hieran anknüpfend, ein Team des Massachusetts Institute of Technology (MIT) unter Leitung von H. D. Meadows in der vielbeachteten Studie ›Die Grenzen des Wachstums‹[71] prognostiziert, etwa Mitte des kommenden Jahrhunderts sei ein weltweiter »Kollaps« zu erwarten wegen Übervölkerung, Erschöpfung der Rohstoffreserven, Nahrungsmittelverknappung und lebenszerstörender Umweltverschmutzung. Diese Katastrophe könne nur abgewendet werden durch Einführung einer »perfekten Geburtenkontrolle«, die die Weltbevölkerung möglichst auf dem 1975 erreichten Stand stabilisiert, durch eine Begrenzung der Kapitalbildung und drastische Maßnahmen gegen die Verschmutzung der Umwelt. Diese Prognose hat weltweit zu lebhaften Auseinandersetzungen geführt.

(2) Die Untersuchung des Club of Rome ist nicht die einzige und auch nicht die erste Studie, die umfassend darlegt, daß das Wachstum der Welt nicht ungebrochen weitergeht oder weiter-

[70] J. W. Forrester, World Dynamics. Cambridge 1971.
[71] Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit. Stuttgart 1972.

Übersicht 150: Ergebnisse von 16 Weltentwicklungsstudien[a]

Futurologen	Diagnose	Ausblick
Spengler 1965	Ökonomische Größe erleichtert Wirtschaftswachstum; optimale Bevölkerung muß gefunden werden. »Technology, prudence, and reason«	Gegenwärtige Aussichten für Entwicklungsländer sind malthusianisch; Einkommenslücke wächst
Kahn/Wiener 1967	Stetige Fortschritte in Richtung auf weltweite post-industrielle Gesellschaft; Wechsel und Kontinuität der mannigfachen Trends	Vorsichtiger Optimismus; anhaltender Aufwärtstrend; Ära politischer Stabilität; jedoch »Inseln des Reichtums in einem Meer von Armut«
Ehrlich 1970	Bevölkerungskontrolle ist entscheidend; theoretische Grenzen für Entwicklung der Entwicklungsländer; Entwicklung muß Ressourcenverfügbarkeit angepaßt werden; Änderung des individuellen Verhaltens ist Schlüssel für die Zukunft	Welt ist bereits überentwickelt; ökologischer Kollaps möglich; Lebensstandard in Entwicklungsländern wird wahrscheinlich sinken
Forrester 1971	Industrialisierung ist gefährlicher als Bevölkerungswachstum; Welt muß sich der Weltproblematik dringend bewußt werden; »hard choices must be made«; niedriges Wachstumsniveau mit star-	»Overshoot and collapse« des Weltsystems wegen Ressourcenknappheit zu erwarten

Futurologen	Diagnose	Ausblick
	ker Ungleichheit zu erwarten	
Meadows (Limits of Growth) 1972	Bevölkerungswachstum, Industrialisierung, Umweltverschmutzung, Nahrungsmittelverknappung, Produktionssteigerung und Rohstoffquellenerschöpfung werden das Wachstum begrenzen	Die Wachstumsgrenzen werden innerhalb der nächsten 100 Jahre erreicht werden. Dies kann aber noch verhindert werden
Schumacher 1973	Zentralproblem der Menschheit ist, die richtigen Organisationsformen und -größen zu finden; gigantische Komplexität, Kapitalintensität, Gewalt; Hinwendung zu Forschung und Entwicklung nötig	Welt steuert auf Umweltzerstörung, Energieknappheit und eingeschränkte Lebensqualität zu, wenn kein Kurswechsel erfolgt
Dumont 1974	Bevölkerungsverteilung ist fundamentale Ursache der Ungerechtigkeit; Bevölkerungsexplosion	Bei Anhalten gegenwärtiger Trends werden Ungleichheiten unabänderlich bleiben und zur Ursache schwerer Revolten werden
Mesarovic/Pestel 1974	Die von Meadows prognostizierten Krisen werden sich aus unterschiedlichen Gründen in einzelnen Regionen einstellen und sich erst später zu einer Weltkrise ausweiten	Internationale Kommunikation und Kooperation muß ausgebaut werden. Ein organisches Wachstum ist einem Nullwachstum vorzuziehen

Futurologen	Diagnose	Ausblick
Modrzhinskaya 1974	Wohlstand ist begrenzt durch soziale Strukturen (insbesondere durch Kapitalismus) und nicht durch technische oder Kapitalengpässe	Zurückweisung neumalthusianischer Theorien; sozialistische post-industrielle Gesellschaft vermutet
Heilbroner 1974	Nur eine größere Katastrophe kann Wachstumstempo stoppen; Umweltpolitik ist zentrale Aufgabe; langfristige Anpassung möglich	Schlimme malthusianische Perspektiven für die Dritte Welt; weltweiter Totalitarismus oder Anarchie
Bariloche/Herrera (lateinamerikanische Reaktion auf Meadows; von der ILO übernommen) 1975	Für 2/3 der Weltbevölkerung ist die prognostizierte Weltkrise (knappe Ressourcen, Hunger, Krankheit, Wohnungselend) tägliche Realität	Eine fundamentale Änderung der Werte und Institutionen mit dem Ziele einer Weltgesellschaft auf der Grundlage der Gleichheit kann die Katastrophe verhindern
Kaya 1975	Reduzierung der Armut ist größtes Problem heute; Industrienationen müssen ihre Industriestrukturen ändern; neue internationale Arbeitsteilung nötig	Entwicklungsländer können in Sackgasse laufen
Kosolapov 1976	Die Zukunft wird geprägt durch die heutigen Kämpfe für den Kommunismus, den weltrevolutionären Prozeß und die wissenschaftlich-technologische Revolution	Die nächsten 25 Jahre werden turbulent und dynamisch sein; schließlich wird die Gesellschaft zu einer weltweiten Völkergemeinschaft werden

Futurologen	Diagnose	Ausblick
Tinbergen 1976	Reiche und arme Länder haben unterschiedliche Probleme, die jedoch nicht isoliert gelöst werden können. Abhängigkeit der Dritten Welt muß reduziert werden; gerechtere Weltordnung verlangt Veränderungen in der Machtverteilung	Welt wird politisch komplexer; rapides Wachstum wird zur Büchse der Pandora; Dritte Welt wird zur Herausforderung
Kahn, Brown, Martel 1976	In 100 bis 200 Jahren werden sich Weltbevölkerung und Wirtschaftswachstum auf natürliche und harmonische Weise ausnivellieren; Schließung der Lücke so bald nicht möglich	Entwicklung wird vermutlich positiv verlaufen; 6:1-Wahrscheinlichkeit, daß alle größeren Probleme mit der Zeit gelöst werden; Aufkommen einer superindustriellen Gesellschaft zu Beginn des 21. Jahrhunderts
Leontief (UNO-Weltmodell) 1977	Die Starrheit der gegenwärtigen Ordnung der Weltwirtschaft und der ökonomischen, sozialen und politischen Institutionen der Entwicklungsländer führen zu Krisen	Unter Ressourcen-, Produktions- und Umweltaspekten ist ein angemessenes Wirtschaftswachstum durchaus realisierbar

[a] 12 der 16 hier untereinander gestellten »Steckbriefe« sind der Publikation von H. G. Braun (a.a.O.) entnommen. Die restlichen vier hat der Verfasser formuliert und hinzugefügt. Braun meint, daß aufgrund dieser kurzen Kennzeichnungen ein seriöser Vergleich nicht möglich sei. Diese Kennzeichnungen sollten nur die unterschiedlichen Akzente der verschiedenen Futurologen aufzeigen.

Quelle: Sam Cole, Jay Gershuny, Jan Miles, Scenarios of Development, in: FUTURES, Febr. 1978

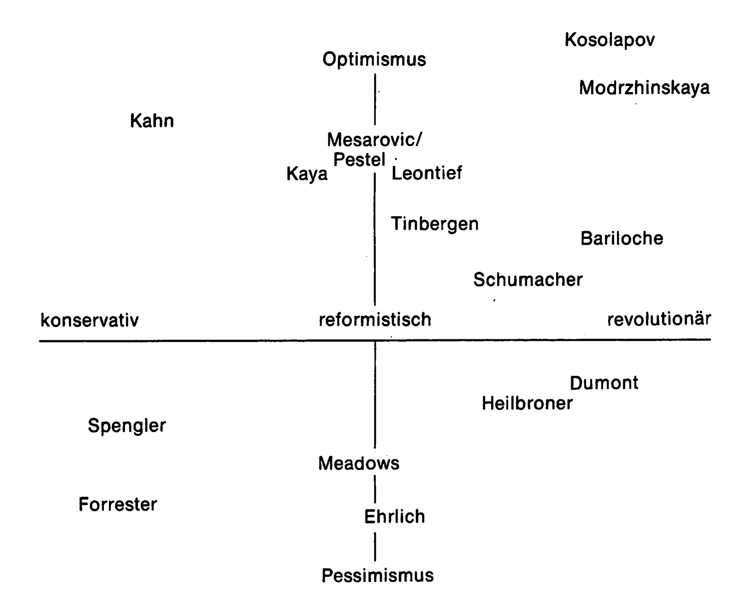


Abb. 99: 16 Weltentwicklungsprognosen geordnet nach dem politischen Standpunkt sowie nach dem technologischen Optimismus/Pessimismus ihrer Verfasser (»Kahn« steht sowohl für Kahn/Wiener, wie auch für Kahn, Brown, Martel). Diese Typen werden vom Sussex-Team wie folgt definiert: »Konservative« vertreten die neo-klassische ökonomische Theorie, die soziologische Theorie des strukturellen Funktionalismus sowie den Pluralismus. »Reformisten« vertreten die keynesianische Wirtschaftstheorie, das Konzept der post-industriellen Entwicklung oder das Konzept der liberalen Soziologie sowie die Elitetheorie. »Radikale« vertreten die marxistische politische Ökonomie oder die Dependenztheorie, Klassentheorie, Konflikttheorie, den Marxismus und die Klassenanalyse.

Quelle: Sam Cole, Jay Gershuny, Jan Miles, Scenarios of Development, in: FUTURES, Febr. 1978.

gehen darf. Globalmodelle, die die längerfristige Entwicklung der Welt und der Weltwirtschaft prognostizieren, werden seit Mitte der 60er Jahre aufgestellt[72]. Übersicht 150 gibt eine Zusammenstellung der Diagnosen und Prognosen von 16 Unter-

[72] Vgl. H. G. Braun, Weltentwicklung und Globalmodelle, ifo-Schnelldienst 17–18/79.

suchungen, ausgewählt von einem Team der Universität Sussex[72a]. Abbildung 99 kennzeichnet dazu den politischen Standpunkt der Verfasser und sagt aus, ob diese optimistisch oder pessimistisch in die Zukunft blicken. Diese Synthese vereinfacht stark und vermag das vielschichtige Problem der Weltmodelle nur grob auszuleuchten.

(3) Die vorstehende Zusammenfassung der Ergebnisse von 16 globalen Entwicklungsstudien ist vor allem deshalb von Interesse, weil sie zeigt, daß die vornehmlich durch den Club of Rome vermittelte Überzeugung eines zeitlich absehbaren katastrophalen Kollaps, der nur mit rigorosesten Maßnahmen verhindert werden könnte, sich keineswegs aus allen oder auch nur aus der überwiegenden Anzahl der Weltstudien herleiten läßt. Im Gegenteil, die Mehrzahl der Studien kommt zu eher optimistischen als pessimistischen Resultaten – wenn auch von durchaus unterschiedlichen, untereinander nicht zu vereinbarenden politischen Standpunkten. Dementsprechend werden auch in jeder Hinsicht inkompatible Maßnahmen vorgeschlagen, um die Entwicklung zu steuern.

Diese Analyse bestärkt den Verfasser in der Ablehnung der vom Club of Rome vertretenen pessimistischen Grundhaltung, wenn auch deren Signalwirkung nicht verkannt werden sollte[73]. Mit vielen Kritikern ist der Verfasser der Auffassung, daß das von Meadows verwendete Weltmodell die selbstheilenden Kräfte der Gesellschaft, der Wirtschaft und der Technik unterschätzt. Gegen den vorausgesagten Zusammenbruch sprechen sowohl die bereits zu registrierende Verminderung der Geburtenrate auch in den Entwicklungsländern[74], als auch die vom

[72a] Nachzutragen wäre die Umweltstudie ›Global 2000‹, Report to the President, Washington 1980 (in deutscher Fassung: Global 2000, Der Bericht an den Präsidenten, Frankfurt/M. 1980). Dieser am 23. Mai 1977 vom damaligen Präsidenten J. Carter an den Council on Environmental Quality, das US State Department und zahlreiche andere Regierungsstellen in Auftrag gegebene Bericht bringt eine umfassende Gesamtschau der längerfristigen Entwicklungstendenzen und Wechselwirkungen von Bevölkerungswachstum, Ressourcenverringerung und Umweltbelastung, alles im weltweiten Rahmen.

[73] Entgegen weitverbreiteter Auffassung lehnt der Club of Rome die Kernenergie keineswegs ab. Sein Präsident, Aurelio Peccei, meinte aber auf der wissenschaftlichen Fachtagung der CDU zu Umwelt und Wachstum am 1. März 1979 in Bonn, Kernenergie, die bei ausreichenden Sicherheitsmaßnahmen vertretbar sei, könne nur eine Notlösung bleiben, andere neue Energien dürften nicht vernachlässigt werden. Vgl. dazu Th. de Montbrial, Energy: The Countdown – A Report to the Club of Rome, Frankfurt 1979.

[74] Eine im Auftrage der UNO durchgeführte und Anfang 1974 veröffentlichte

Club of Rome vernachlässigten Impulse für die Entwicklung neuer Technologien, Impulse, die im Wege der Rückkopplung ausgelöst werden durch den Rückgang der Ressourcen und die Vermehrung der Umweltschäden. Ob man pessimistisch oder optimistisch in die Zukunft blickt, hängt letztlich von der persönlichen Grundhaltung ab, es sei denn, man verfolgt mit der Prognose das politische Ziel, bestimmte Maßnahmen zu rechtfertigen. Überzeugte Anhänger eines Null-Wachstums werden durch diese Argumente allerdings kaum dazu bewegt werden, ihre Haltung zu überprüfen.

5.5.2 Die Rolle der Energie in den Wachstumsmodellen

Die Studie über die »Grenzen des Wachstums« schätzt offenbar die *Schlüsselrolle,* die der *Energie* zukommt und zukommen wird, falsch ein. Für die zukünftige Entwicklung des »Weltgeschehens« ist Energie in dreifacher Hinsicht von Bedeutung:

(1) als nur in beschränkten Mengen zur Verfügung stehender »Rohstoff«,

(2) als Mittel, um dem Rückgang der Rohstoffvorräte und der Begrenzung der Nahrungsmittelerzeugung entgegenzuwirken, und

(3) als Umweltverschmutzer.

Zu (1): Wie bereits ausgeführt wurde (S. 133ff.), ist nicht zu erwarten und auch nicht einzusehen, daß sich die (gewinnbaren) Vorräte an fossilen Brennstoffen in absehbarer Zukunft erschöpfen, wenngleich sie auch knapper, teurer und schwerer zugänglich werden. Diese positive Feststellung gilt aber nur, wenn man die Kernenergie zügig entwickelt. Unter dieser Bedingung gibt somit Punkt (1) keine Begrenzung des Wachstums.

Zu (2). Der Autor ist nach langjähriger Beschäftigung mit Rohstoffproblemen[75] der Auffassung, daß auch Punkt (2) nicht

Untersuchung gelangt zu dem Ergebnis, daß sich die Weltbevölkerung in etwa 100 Jahren voraussichtlich auf einem Stand von etwa 12 Mrd Menschen einpendeln werde. In den »entwickelten« Regionen werden sich die Geburts- und Sterberaten bis 1985 kaum ändern. In den »weniger entwickelten« Regionen wird die Zahl der Geburten in der nahen Zukunft schneller sinken als die Zahl der Toten. Für die Jahrhundertwende sei mit 6,5 Mrd Menschen zu rechnen (ST/ESA/SER. A. 56, 1974). Jüngere Untersuchungen führen zu etwas günstigeren Prognosen: 2000: 6,27 Mrd; 2050: 10,7; 2100: 12,4 Mrd Menschen. Von der Menschwerdung bis heute haben zwischen 60 und 80 Mrd Menschen auf der Erde gelebt oder leben noch.

[75] H. Michaelis, Europäische Rohstoffpolitik, Essen 1976.

zu pessimistischer Lagebeurteilung Anlaß gibt. In dem Maße, in welchem sich die zugänglichen Ressourcen erschöpfen, eröffnen neue energieintensive Prozesse Wege, bisher nicht zugängliche Rohstoffe zu gewinnen, Rohstoffe zu »rezyklieren« und die agrarische Produktion zu intensivieren. In erster Linie ist dabei zu denken an die Gewinnung von Rohstoffen aus dem Meerwasser, aus küstennahen Sanden und Seifen und vom und aus dem Boden der Tiefsee, ferner an umfassende Programme zur Wiedergewinnung von Roh- und Grundstoffen und schließlich an großdimensionierte Treibhaus- und Aquakulturen, um nur einige Beispiele zu nennen.

Zu (3). Viel schwieriger ist aber die durch Punkt (3) aufgeworfene Frage zu beantworten, ob die mit einer Ausweitung der Energiewirtschaft verbundene *Belastung unserer Umwelt* langfristig tragbar ist. Hier interessieren vornehmlich drei Auswirkungen der Erzeugung, der Umwandlung und des Verbrauchs von Energie auf die Umwelt:

(a) der radioaktive Abfall;
(b) die bei der Verbrennung von Kohle und Kohlenwasserstoffen emittierten chemischen Schadstoffe;
(c) die mit allen Energieprozessen verbundene Erzeugung von Wärme, vor allem auch durch die Anreicherung von Kohlendioxyd in der Atmosphäre (siehe unter 5.5.3 und 5.5.4).

Zu (a). Was zunächst den radioaktiven Abfall betrifft – bei Leichtwasser-Kraftwerken etwa 125 kg feste Spaltprodukte je TWh (Mrd kWh) –, so ist nicht einzusehen, warum diese im ganzen doch recht begrenzten Mengen nicht gefahrlos, etwa in Salzbergwerken, gelagert werden können. Diese Aussage gilt auch für den Fall eines Mißlingens aller Bemühungen um eine kontrollierte thermonukleare Fusion, d.h. um einen Prozeß, der weitgehend schadstofffrei arbeiten wird, wenn man von den in Grenzen bleibenden Emissionen von Tritium absieht.

Zu (b). Nicht zuletzt wegen der steigenden Energieerzeugung hat, wie bereits gezeigt wurde, die Anreicherung von Schadstoffen in der Atmosphäre, insbesondere von Schwefeldioxyd, Stickoxyden, Fluor, Kohlenwasserstoffen, Kohlenmonoxyd und Staub bedrohlich zugenommen. Die Anstrengungen zur Verminderung des Ausstoßes dieser Schadstoffe, insbesondere von Schwefeldioxyd müssen daher vermehrt werden. Auf diese Weise wird es sicherlich gelingen, die Schadstoffbelastung in vertretbaren Grenzen zu halten. Sollte dies nicht erreicht werden können, so böte sich als Ausweg die Kernenergie und nur

diese an, denn kernenergetische Prozesse gehen ohne Verbrennung vor sich und sind daher ohne Wirkung auf die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre.

Auch unter diesem Aspekt kommt der Entwicklung der *nuklearen Prozeßwärme* besondere Bedeutung zu. Übersicht 151 zeigt, wie in den wichtigen Bereichen der Wärmeerzeugung wie auch der Transformation und des Transports von Wärmeträgern sowohl einer Erschöpfung der Vorräte an fossilen Brennstoffen als auch der Verschmutzung der Umwelt dadurch entgegengewirkt werden kann, daß Kernenergie nach und nach für neue Prozesse eingesetzt wird. In der Tat wird die Umwelt durch die sich heute schon abzeichnenden Möglichkeiten, mit nuklearer Wärme Methan aus Kohlenwasserstoffen oder später Wasserstoff aus Methan oder selbst direkt aus Wasser zu erzeugen, nur in geringem Maße belastet. Der Übergang in der Wärmeerzeugung von Hochtemperatur-Konvertern zu Hochtemperatur-Brütern und später zur thermonuklearen Fusion wird den Uranbedarf und dann auch den nuklearen Abfall begrenzen.

Diese neuen, in geringem Maße Schadstoffe emittierenden

Übersicht 151: Schema für die Einführung von Kernenergieprozessen im Bereich der Wärmewirtschaft zur Schonung der Vorräte an fossilen Brennstoffen und zur schrittweisen Verminderung der Umweltverschmutzung

Stufe	*Wärmeerzeugung* Verfahren	Realisierbarkeit	wesentliche Nachteile
1	Verbrennung von Kohle oder Kohlenwasserstoffen	–	Inanspruchnahme der Vorräte an fossilen Brennstoffen; chemische Schadstoffe; CO_2
2	HTR (U-Pu-Zyklus)	sicher	Uranbedarf, radioaktiver Abfall
3	THTR und Heliumbrüter	ziemlich sicher	radioaktiver Abfall
4	Thermonukleare Fusion	offen	(Tritium)

Transformation und Transport von Wärmeträgern

Stufe	Transformation/ Transportmittel	Realisierbarkeit	wesentliche Nachteile einschl. Vorstufen
1	Pipelines für Öl und Gas	–	Inanspruchnahme der Vorräte an fossilen Brennstoffen; chemische Schadstoffe; CO_2
2	Erzeugung von Methan* aus Kohle oder Kohlewasserstoffen mit nuklearer Wärme/Methan-Pipelines	sicher	Inanspruchnahme der Vorräte an fossilen Brennstoffen; CO_2
3	Erzeugung von Wasserstoff aus Methan (wie vor) mit nuklearer Wärme/Wasserstoff-Pipelines	sicher	eine, wenn auch verzögerte Inanspruchnahme der Vorräte an fossilen Brennstoffen
4	Direkterzeugung von Wasserstoff aus Wasser mit nuklearer Wärme/Wasserstoff-Pipelines	wahrscheinlich	keine Umweltschädigungen, da Verbrennungsprodukt Wasser
*	Verwendung von Methan zur Direktreduktion von Eisenerzen	wahrscheinlich	wie oben

Prozesse versprechen in einer »Weltstruktur«, die der Niedrighaltung von Umweltschäden eine angemessene Rangordnung zuweist, wirtschaftlich zu werden. Sie werden der Erzeugung von Nahrungsmitteln und der Erzeugung von Rohstoffen neue Dimensionen geben.

5.5.3 »Wärmetod« der Erde?

(1) Ein auf längere und lange Sicht schwerwiegendes Problem ist die nach dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik bei Energieprozessen naturgesetzlich nicht vermeidbare Erzeugung von Wärme. Diese Wärme entsteht nicht nur als Abwärme,

vornehmlich bei der Elektrizitätserzeugung. Praktisch führt jeder Energieverbrauch früher oder später zu einer Erwärmung der Umgebung. Das Temperaturgefälle etwa zwischen dem einer Turbine zugeleiteten Dampf und dem Kühlwasser vermindert sich eben mit dieser Wirkung auf die Umwelt. Physikalisch gesprochen entspricht dies dem – irreversiblen – Übergang von einem Zustand geringer zu einem Zustand höherer »Unordnung«, einer Erhöhung der *Entropie*, diese verstanden als denjenigen Teil der Wärmeenergie, der sich wegen seiner gleichmäßigen Verteilung nicht in mechanische Arbeit umsetzen läßt (R. Clausius, 1850; L. Boltzmann, 1866): »Alles Leben auf der Erde und alle unsere zivilisatorische Tätigkeit ist im Lichte dieses zweiten Hauptsatzes nur der ohnmächtige Versuch, sehr unwahrscheinliche lokale und zeitlich begrenzte Gebilde und Systeme, wie Organismen, Maschinen, Städte usw., durch Energiekonzentration hervorzubringen. Dafür muß in einem abgeschlossenen System mit Entropievermehrung, mit *Energieabwertung* bezahlt werden.«[76]

(2) Die Bedingungen und der Zeitpunkt für einen solchen, wohl etwas übertrieben als »Wärmetod« unserer Erde bezeichneten Zustand hat K. M. Meyer-Abich in einer Modellrechnung ermittelt[77]. Seinem Modell, dessen wesentliche Daten Übersicht 152 enthält, liegt die von ihm ausdrücklich für möglich gehaltene Annahme zugrunde, daß sich die Energieerzeugung jährlich um 5,7%, jedenfalls bis auf ein Niveau erhöhen wird, das im Wärmewert 10% der Sonnenenergie entspricht, die auf die Landoberfläche der Erde (29% der Gesamtoberfläche) einstrahlt. Bei einer Verachtfachung der Erdbevölkerung (das sind 30 Mrd Menschen) wird dann ein Pro-Kopf-Verbrauch an Energie erreicht werden (115000 Watt oder 125 t SKE/a), der 11,5mal so hoch liegt wie der Pro-Kopf-Verbrauch in den Vereinigten Staaten im Jahr 1970. Zugleich wird dann die auf die Flächeneinheit bezogene Höhe der Energieerzeugung des Festlandes der Erde von 17 Watt je Quadratmeter der im Ruhrgebiet bereits jetzt erreichten Höhe entsprechen. Dieser Zustand wird in *115 Jahren*, d.h., ausgehend von 1970, im Jahre 2085 erreicht sein. In dieser nur knapp ein Jahrhundert überschreitenden Zeit wird sich der Energieverbrauch – immer noch Mey-

[76] H. Grümm, Grenzen der Energieerzeugung. Vortrag auf der VGB-Tagung Juni 1973 in Wien. VGB Kraftwerkstechnik (1973) 8, S. 508.

[77] K. M. Meyer-Abich, Die ökologische Grenze des Wirtschaftswachstums. Umschau 72 (1972), Heft. 20.

Übersicht 152: Energieerzeugung im Vergleich zur Einstrahlung der Sonne (nach K. M. Meyer-Abich)

Einheit	Energieerzeugung 1970 W/m²	Einstrahlung der Sonne W/m²	Zuwachsrate der Energieerzeugung %/a	E-Erzeugung erreicht 10% der S-Einstrahlung in a
Erdoberfläche	0,011	232	5,7	140
Festland	0,038		5,7	115
USA	0,214	218	4	120
Nordost-USA	1,0		4	80
BRD	1,6	170	4	67
Ruhrgebiet	17,0		4	erreicht

Quelle: K. M. Meyer-Abich, Die ökologische Grenze des Wirtschaftswachstums. Umschau 72 (1972), Heft 20

er-Abich – auf das *600fache* erhöhen. In einer Alternativrechnung erwartet Meyer-Abich, daß sich der Welt-Energieverbrauch jahresdurchschnittlich um immerhin noch *4%* erhöhen wird – und das über *160 Jahre* hinweg (!). Das ist sein *unterer Grenzwert.* Meyer-Abich meint, eine solche, unter seinen Annahmen nicht abwendbare Aufwärmung unseres Lebensraums führe zu erheblichen klimatischen Änderungen. Dabei ist aber zu bedenken, daß, auf die Gesamtoberfläche der Erde und nicht nur auf die Landoberfläche bezogen, die durch Energieprozesse freigesetzte Wärme dann nur 3% der Wärme durch Sonneneinstrahlung ausmachen wird.

Längerer Ausführungen bedarf es nicht, um darzutun, daß auch die niedrigere Wachstumsannahme von Meyer-Abich jenseits jeder Realität ist und zudem auch den in jüngerer Zeit von dem gleichen Autor vertretenen Annahmen über das Wachstum des Energieverbrauchs diametral widerspricht[78]. Eine Steige-

[78] K. M. Meyer-Abich vertritt z. B. jetzt (in Mainz am 21. 1. 1980), s. H. Michaelis (Hrsg.), Existenzfrage: Energie ..., Düsseldorf 1980, S. 47) die Auffassung, der Energieverbrauch der Bundesrepublik Deutschland werde in 50 Jahren nur 250 bis 300 Mio t SKE, nach einer anderen Äußerung (Handlungsspielräume der Energiepolitik, Villingen 1980, S. 30) höchstens 314 Mio t erreichen, also jedenfalls niedriger liegen als im Jahre 1979 (über 400 Mio t SKE). Durch diesen Sinneswandel hat sich das Vertrauen in die Prognose dieses Autors nicht gerade gefestigt.

rungsrate der Weltenergieerzeugung von 5,7%/a über eine Zeit von 115 Jahren oder auch von 4%/a über eine Zeit von 160 Jahren (das führt zu einer Erhöhung auf das 530fache) liegt außerhalb aller Erwartung. Im Mittel hat sich die Weltprimärenergieerzeugung seit 1910 und übrigens auch innerhalb der letzten 100 Jahre nur um durchschnittlich 3,3%/a erhöht. Würde diese aus der Vergangenheit abgeleitete Wachstumsrate extrapoliert, ein abenteuerliches Unterfangen, so verlängert sich die Zeit, bis der Energieverbrauch das 600fache des gegenwärtigen Standes erreicht haben wird, auf 200 Jahre. Was in einer so langen Zeit aber wirklich geschehen wird, steht in den Sternen. Selbst H. Kahn, der prononcierteste Wachstumsfuturologe, rechnet nur damit, daß sich der Energieverbrauch in 200 Jahren auf das 14fache erhöhen wird (Übersicht 30). Diese Überlegungen zeigen, daß jedes exponentielle Wachstum nicht unbegrenzt lange andauern kann, eine Erkenntnis, die nicht neu ist. Schon T. R. Malthus (1766–1834) hat dies erkannt. Nach alledem kann nur festgestellt werden, daß die von Meyer-Abich gewählten Parameter keine Aussage darüber zulassen, ob und erst recht wann der »Wärmetod« der Erde eintreten wird.

(3) Eine Rechnung, die der voraussehbaren Entwicklung etwas näher kommt, wurde von A. M. Weinberg und R. P. Hammond, beide im Forschungslaboratorium Oak Ridge/Tennessee (USA), aufgestellt[79]. Diese Forscher unterstellen, daß sich die Weltbevölkerung nach etwa hundert Jahren auf 15 Mrd Menschen stabilisiert. Es wird angenommen, daß die mittlere Pro-Kopf-Leistung dann etwa 20000 Watt erreicht, das entspricht 630 GJ/a oder 21,5 t SKE/a, ein Niveau, das allen Menschen den heutigen amerikanischen Standard in sauberer Umwelt gewährleistet. Die dazu erforderliche Erhöhung der Weltenergieerzeugung auf das 40fache (das entspricht einer mittleren Jahressteigerungsrate von 3,8% – auch das ist nach heutigen Vorstellungen viel, wenngleich diese Annahme nur für die nächsten 100 Jahre gelten soll) wird, das ist die entscheidende Aussage, zu einer Aufheizung der Atmosphäre um 0,25° C führen. Das ist eine Spanne, die Änderungen des Großklimas nicht erwarten läßt, haben doch die Durchschnittstemperaturen der nördlichen Erdhalbkugel seit Beginn systematischer Messungen

[79] A. M. Weinberg und R. P. Hammond, Limits to the Use of Energy. In: American Scientist Vol. 58 (1970), S. 412. Vgl. auch den der Vierten Internationalen Atomenergiekonferenz 1971 in Genf von den beiden Genannten vorgelegten Bericht P/033/USA: ›Global Effects of Increased Use of Energy‹.

um etwa 0,25° C nach oben und unten geschwankt. Auf energieintensive Regionen begrenzte klimatische Auswirkungen sind aber auch schon in den nächsten hundert Jahren keinesfalls auszuschließen.

5.5.4 Das CO_2-Problem

(1) Erst seit wenigen Jahren wird ein Phänomen intensiv diskutiert, das der Verbrennung fossiler Brennstoffe möglicherweise Grenzen setzen könnte: die Anreicherung von CO_2 in der Atmosphäre und der dadurch ausgelöste Treibhauseffekt. Solange wie noch darüber gestritten wurde, ob es wegen des CO_2 überhaupt zu einer Aufheizung der Atmosphäre kommt, hat der Verfasser gezögert, dieses Problem hier mit mehr als nur einem Hinweis abzuhandeln. Dieser Streit ist ausgestanden, seitdem die Abwärmekommission beim Umweltbundesamt, ein unabhängiges Sachverständigengremium zur Beratung staatlicher Organe in Fragen der Wärmebelastung, Anfang 1979 die Aufheizung der Atmosphäre durch die registrierte Kohlendioxydvermehrung unzweideutig und vorbehaltlos bestätigte mit dem ausdrücklichen Hinweis, daß diese Feststellung nach heutigem Wissen als gesichert anzusehen ist[80].

(2) CO_2 wirkt sich deshalb auf das Klima aus, weil es ›im infraroten Bereich‹ starke Absorptionsbanden hat. Die von der Erde ausgehende Infrarotstrahlung wird dadurch von der Atmosphäre stark absorbiert und aus den höheren Luftschichten auf die Erde abgestrahlt. Da zwischen der eingestrahlten und der rückgestrahlten Energie Gleichgewicht bestehen muß, hat dies eine Erhöhung der Oberflächentemperatur der Erde zur Folge. Dies ist der »Treibhauseffekt«.

Der Anteil des CO_2 an der Atmosphäre – derzeit etwa 335 ppm[81] – bestimmt sich aus komplexen, in vielen Details noch nicht ausreichend erforschten Wechselwirkungen zwischen den

[80] Diese Stellungnahme ist abgedruckt in BWK Nr. 7/1979, S. 269. Der Autor meinte noch in der ersten Auflage dieses Buches: »Die Anreicherung des CO_2 in der Luft behindert die Abgabe langwelliger Strahlung in den Weltraum. Dieser sogenannte Treibhauseffekt könnte zu einer Aufwärmung der Erdoberfläche führen mit allen denkbaren katastrophalen Folgen. Dem wirkt aber die gleichfalls weitgehend durch Energieprozesse verursachte zunehmende Verstaubung der Atmosphäre entgegen, die Sonnenstrahlung fernhält und damit zu einer Abkühlung führt, gleichfalls mit allen denkbaren katastrophalen Folgen. Heute wissen wir noch nicht, wie sich diese beiden Wirkungen zueinander verhalten.«

[81] ppm = part per million (1:1 Mio).

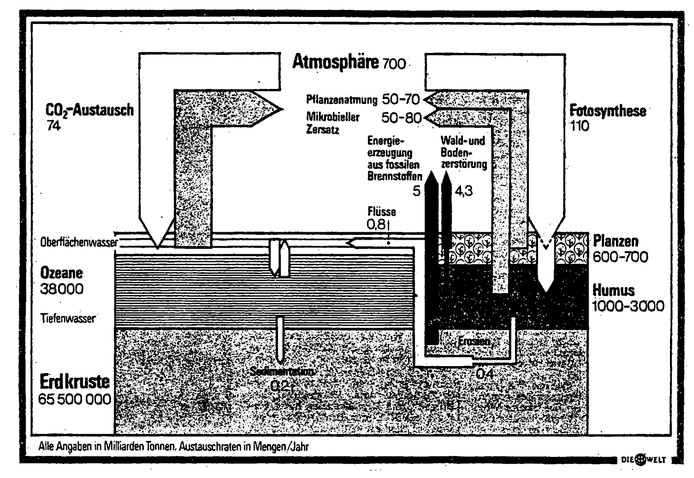


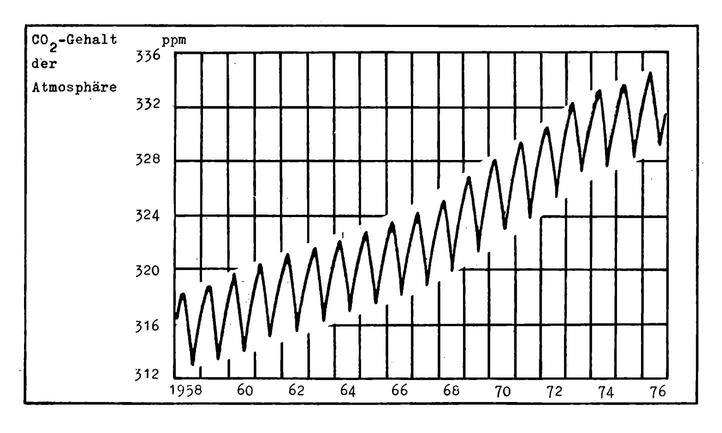
Abb. 100: CO_2-Zyklus (nach Stephan Kempe, Hamburg).

Ozeanen, den Landmassen und der Atmosphäre. Die stark vereinfachte Abb. 100 vermittelt einen Eindruck. Von besonderem Interesse und sehr wenig bekannt sind die Wechselwirkungen zwischen der Atmosphäre bzw. den Ozeanen und dem Treibeis der Arktis bzw. Subantarktis und die Wechselwirkungen zwischen der Atmosphäre und den Ozeanen in den Aufquellgebieten am Äquator und längs einiger Küsten (Kalifornien, Peru, Angola, Nordwestafrika u. a.).

Der CO_2-Gehalt der Atmosphäre in ppm hat in der Erdgeschichte stark geschwankt. Nach Modellrechnungen lag er vor etwa 1000 Jahren, im Frühmittelalter, zwischen 385 und 420, vor 6000 Jahren, im Klimaoptimum des Alluviums, zwischen 420 und 490, vor 120000 Jahren, in der »Riss-Würm-Warmzeit«, zwischen 460 und 550 und vor etwa 12 Mio Jahren, im Jung-Tertiär, zwischen 630 und 880. Das Temperaturniveau war eben aus diesem Grunde um bis zu 4 °C höher als dies bei einem normalen CO_2-Gehalt von etwa 290 ppm (s. u.) hätte erwartet werden dürfen[82].

(3) Die jüngste Entwicklung des CO_2-Gehalts der Atmosphäre wird vornehmlich durch zwei Elemente bestimmt: den (unvermeidlichen) CO_2-Ausstoß bei der Verbrennung, vor allem bei der fossilen Energieerzeugung, und die durch nachwachsen-

[82] Daten nach T. Augustsson u. V. Ramanothan (1977).



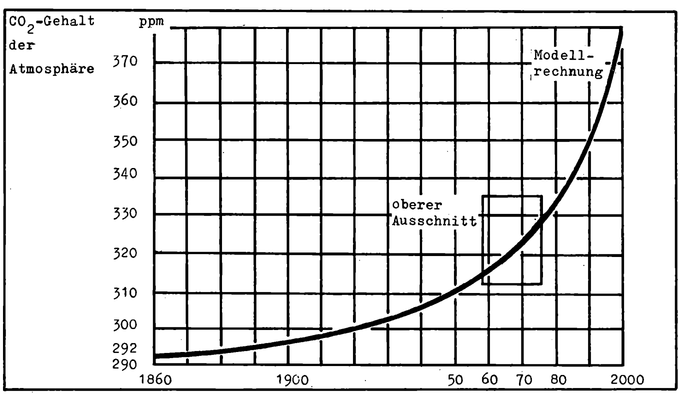


Abb. 101: Verlauf des CO_2-Gehaltes in der Atmosphäre
Meßwerte in Hawaii (Woodwell in »Spektrum der Wissenschaft« 79)

den Wald keineswegs kompensierte Abholzung der tropischen Regenwälder (s. Abb. 100). Seit der vorindustriellen Zeit, namentlich seit der Jahrhundertwende, hat der CO_2-Gehalt vor allem aus diesen beiden Gründen deutlich zugenommen, nämlich von etwa 292 auf gegenwärtig etwa 335 ppm, mit der Tendenz weiterer Steigerung um jährlich etwa 1 ppm (vgl. Abb. 101).

Längere Zeit hatte man geglaubt, der Treibhauseffekt werde dadurch ausgeglichen, daß die Sonneneinstrahlung sich vermin-

dert durch die zunehmende Verstaubung der Atmosphäre, die mit der CO_2-Anreicherung einhergeht. In ihrer bereits erwähnten Stellungnahme verneint die Abwärmekommission beim Umweltbundesamt, daß es zu diesem Ausgleich kommt.

Immer noch nach den Feststellungen der Abwärmekommission wird sich bei einer Zuwachsrate des weltweiten Verbrauchs fossiler Brennstoffe von etwa 3,5% p.a. die CO_2-Konzentration in der Atmosphäre etwa im Jahre 2030 gegenüber dem Pegel am Ende des vergangenen Jahrhunderts verdoppelt haben, wobei die Zeitangabe nicht exakt, sondern als Zeithorizont verstanden werden sollte. Entsprechend dem Stand der Modelle könnte sich daraus eine global ermittelte Temperaturerhöhung um etwa 2°C ergeben (die Angaben in der Literatur schwanken zwischen 1,5° und 3,0°C). Die größten (und gefahrvollsten) Temperaturerhöhungen werden an den Polen auftreten.

(4) Wie die erwähnte Kommission feststellt, sind die vorstehend geschilderten Erkenntnisse nach heutigem Stand des Wissens gesichert. Unsicher und strittig ist aber, wie sich diese Temperaturerhöhungen auswirken werden. Grob gesehen stehen sich hier zwei Auffassungen gegenüber:

(a) Unter den deutschen Klimatologen wird die besorgte Haltung am deutlichsten von Hermann Flohn, Bonn, vertreten. Nach Flohn[83] ist das gegenwärtige Klima vor allem bestimmt durch die Asymmetrie der atmosphärischen und ozeanischen Zirkulation zwischen der nördlichen und der südlichen Erdhalbkugel, verursacht durch einen fast eisfreien Ozean an einem Pol, dem Nordpol, und einem hochvereisten Kontinent an dem anderen, dem Südpol. Diese besondere Asymmetrie ist nach Flohn labil, sie hat viele Jahrmillionen nicht bestanden und könnte bei einer geringfügigen Erhöhung des Temperaturniveaus zu einer unipolaren Warmzeit auf der Nordhalbkugel führen – mit katastrophalen Klimafolgen: einer Verlagerung aller Klimazonen und der landwirtschaftlichen Anbaugürtel der Erde um 400 bis 800 km nach Norden. Die Abwärmekommission weist darauf hin, daß folgende Effekte diskutiert werden: eine Verschiebung der Niederschlagszonen mit entsprechenden Konsequenzen für die Trinkwasserversorgung, eine Ausdeh-

[83] Vgl. z.B. H. Flohn, Stehen wir vor einer Klima-Katastrophe, Umschau 17 (1977), S. 561–569; ferner ›Energie und Umwelt‹, in: H. Michaelis (Hrsg.) Existenzfrage: Energie ..., Düsseldorf 1981, S. 259–269 und „Das CO_2-Problem und die Zukunft unseres Klimas“, Vortrag vor der Kölner Rohstoffrunde am 3. Dezember 1980, Essen 1981.

nung der Wüsten und regionale Störungen der wasserdampf-korrelierten Reinigungsprozesse für Schadstoffe.

Auch H. Flohn ist aber der Auffassung, daß es noch verfrüht wäre, das CO_2-Problem unverzüglich einer UN-Konferenz und den politischen Entscheidungsträgern vorzulegen, daß vielmehr ein umfassendes Klimaforschungsprogramm so rasch wie möglich in Gang gesetzt werden soll. Es sei aber seine feste Überzeugung als Wissenschaftler, daß »das Risiko der Entwicklung eines unipolaren Warm-Klimas mit (weitgehend) eisfreier Arktis die Grenzen des Verantwortbaren überschreitet« (Mainz 21. Januar 1980).

Offenbar ist auch die World Meteorological Organization besorgt, stellt sie doch in ihrem Bericht »Influence of Potential Climatic Change on Energy Strategy« für die XI. Weltenergiekonferenz im September 1980 in München zum CO_2-Problem abschließend fest: »Niemals in der Geschichte der Menschheit wurde diese insgesamt so herausgefordert, sich mit einer allgemeinen Bedrohung auseinanderzusetzen, und noch dazu einer solchen, die sie selbst geschaffen hat. Letztlich stellt sich die klare Frage: Entscheidet sich die Menschheit, auf diese Herausforderung durch mehr als passives Verhalten zu antworten – und zwar im voraus[84]?«

(b) Günter Zimmermeyer, Köln, und Heinz Panzram, Frankfurt/M.[85], vertreten in Deutschland die Gegenposition. Beide äußern Zweifel an dem Votum der Abwärmekommission, argumentieren aber in der Hauptsache, daß die postulierte Temperaturerhöhung sich auch positiv auswirke, etwa als Verbesserung des Klimas in höheren Breiten (weniger Brennstoffbedarf) und dadurch bedingte höhere Wachstumsraten. In früheren Warmzeiten der Erdgeschichte wären heutige Wüstengebiete zu einem Teil fruchtbar gewesen. Eine solche positive Klimaveränderung könne bei einer erneuten Erwärmung – ob CO_2-bedingt oder nicht – keineswegs ausgeschlossen werden. Es werde Gewinner und Verlierer geben.

Pointierter argumentiert K. M. Meyer-Abich[86]. Er akzeptiert

[84] »Never in the history of mankind has the world society – all of mankind – been faced with such a challenge to deal with a common threat, and one of its own creation. The obvious final question is, will mankind decide to meet this challenge more than passively – and in advance?«

[85] G. Zimmermeyer, Unsicherheit bei Temperaturänderung, VDI-Nachrichten v. 14. 9. 1979; H. Panzram, Trotz Kohlendioxidzunahme keine erhöhte Temperatur, Glückauf Nr. 18 (1978).

[86] Süddeutsche Zeitung v. 23. 11. 1979.

das Postulat einer CO_2-bedingten globalen Temperaturerhöhung um 2 ± 0,5 Grad Celsius, meint aber, der anthropogene Einfluß auf die Klimaentwicklung kann z.B. dazu führen, daß das Klima im Ruhrgebiet ähnlich dem heutigen in Norditalien sein werde, und auch eine beträchtliche Verbesserung der Lebensbedingungen in Kanada und im nördlichen Rußland mit sich bringe. Auf der anderen Seite ist damit zu rechnen, daß in den südlichen Ländern eine Abnahme des Niederschlags eintreten wird. In Abwägung aller Aspekte gelangt er zu der Schlußfolgerung, »in der Kernenergiekontroverse ist das CO_2-Problem nur ein »Scheinargument«, wobei eine klimatologische Tatsache für eine politische Tatsache ausgegeben wird, die sie nicht ist«.

Auf diesen Artikel hat R. Lüst, der Präsident der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften scharf erwidert[87]: »Wie soll die Öffentlichkeit von den Wissenschaftlern informiert werden? Hierüber ist in letzter Zeit viel diskutiert worden. Mir scheint der Beitrag »Das Kohlendioxidproblem als Scheinargument« von Klaus M. Meyer-Abich durch seine einseitige Information für diesen Dialog nicht geeignet zu sein. Wir wissen bisher noch zu wenig, wie Klimaänderungen sich tatsächlich entwickeln. Das bedeutet aber nicht, daß anthropogene Wirkungen nicht zu großen möglichen Gefahren führen können und daß man dies als Scheinargument abtun kann. Wenn der Gefahrenfall erst eingetreten ist – und mag dies auch erst in 50 Jahren sein – so hat man keine Möglichkeit, ihn wegen seiner langen zeitlichen Wirkung unmittelbar zu beseitigen.

Ich (R. Lüst) finde die Darstellung von Herrn Meyer-Abich unredlich. Warum sagt er nicht, daß er Kernenergie-Gegner ist und es nicht wahrhaben will, daß bei einer verstärkten Ausnutzung fossiler Brennstoffe ebenfalls Risiken für die Menschheit gegeben sind, die wir allerdings bisher sehr viel weniger abschätzen können, als die Risiken der Kernenergie?«

(4) Der Verfasser ist kein Fachmann für Klimatologie. Ausgehend von der Stellungnahme der Abwärmekommission beschränkt sich die Darstellung deshalb darauf, die kontroversen Standpunkte ohne eigenes Votum einander gegenüberzustellen. Die Abwärmekommission schließt ihre Stellungnahme mit der Empfehlung, den CO_2-Kreislauf, die erwarteten Klimaände-

[87] Süddeutsche Zeitung v. 7. 12. 1979.

rungen, deren Auswirkungen und die wirtschafts- und energiepolitischen Konsequenzen hieraus verstärkt zu untersuchen. Maßnahmen werden nicht empfohlen. In der Tat reichen unsere Kenntnisse noch nicht aus, um Entscheidungen zu fundieren.

5.6 Genehmigungsverfahren[88]

5.6.1 Grundlagen/Ablauf

(1) Wie bereits an anderer Stelle ausgeführt wurde, bedürfen Bau, Betrieb und wesentliche Veränderungen eines Kernkraftwerks staatlicher Genehmigung. Rechtsgrundlagen sind in erster Linie das am 23. Dezember 1959 verkündete Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz – Kurzbezeichnung AtG) in seiner inzwischen mehrfach, zuletzt im Jahre 1976 geänderten Fassung, die dazu erlassene Atomrechtliche Verfahrensverordnung (AtVfV) in der Fassung vom 18. Februar 1977 und die bereits unter 5.1.4 dargestellte Strahlenschutzverordnung vom 13. Oktober 1976.

Das Atomgesetz schafft die rechtlichen Voraussetzungen für die friedliche Nutzung der Kernenergie in der Bundesrepublik Deutschland. Es wurde erst 1959 verabschiedet, weil die Alliierten Besatzungsmächte die friedliche Entwicklung und Nutzung der Kernenergie bis 1955 nicht erlaubten. Wegen des Gefährdungspotentials der Kernenergie enthält das Atomgesetz strenge Genehmigungsregeln und Aufsichtspflichten. Als Aufgaben nennt § 1:

- »die Erforschung, die Entwicklung und die Nutzung der Kernenergie zu friedlichen Zwecken zu fördern;
- Leben, Gesundheit und Sachgüter vor den Gefahren der Kernenergie und der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlen zu schützen und durch Kernenergie oder ionisierende Strahlen verursachte Schäden auszugleichen;
- zu verhindern, daß durch Anwendung oder Freiwerden der Kernenergie die innere oder äußere Sicherheit der Bundesrepublik gefährdet wird;
- die Erfüllung internationaler Verpflichtungen der Bundesre-

[88] S. H. Fischerhof u.a., Deutsches Atomgesetz und Strahlenschutzrecht, Baden-Baden 1978.

publik auf dem Gebiet der Kernenergie und des Strahlenschutzes zu gewährleisten.«

Im Zuge des Verfahrens der bereits am 29. November 1974 beantragten Genehmigung des Baues von zwei Kernkraftwerksblöcken in Vahnum am Niederrhein hoben die Behörden des Landes Nordrhein-Westfalen im Januar 1977 einen für den Folgemonat festgelegten Erörterungstermin wieder auf und bearbeiteten den Antrag nicht weiter. Im Genehmigungsverfahren für das Kernkraftwerk Hamm verhielten sich die NRW-Behörden während längerer Zeit ähnlich. Das gab dem Abgeordneten L. Gerstein Anlaß zu der parlamentarischen Anfrage, wie weit die Aufgaben der Genehmigungsbehörden reichen. Die Bundesregierung antwortete am 30. Oktober 1980 unzweideutig: »§ 7 Atomgesetz bestimmt, unter welchen sicherheitsmäßigen Voraussetzungen die Errichtung eines Kernkraftwerkes genehmigt werden darf. Eine Bedarfsprüfung ist hierbei nicht vorgesehen.«

Die erwähnte staatliche Kontrolle erstreckt sich auf alle Arten und Phasen des Umgangs mit Kernenergie, insbesondere auf sämtliche Schritte des Brennstoffkreislaufs. Unter eine besondere Genehmigungspflicht sind gestellt:

- Import/Export, Transport und Lagerung von Kernbrennstoffen;
- Errichtung, Betrieb und Stillegung von Anreicherungsanlagen, Brennelementfabriken, Kernreaktoren und Wiederaufarbeitungsanlagen;
- Bearbeitung, Verarbeitung oder sonstiges Innehaben von Kernbrennstoffen außerhalb genehmigungspflichtiger Anlagen;
- Errichtung von Zwischenlagern und
- Errichtung von Anlagen zur Sicherstellung und Endlagerung radioaktiver Abfälle.

Die atomrechtlichen Vorschriften sollen verhindern, daß die Anwendung der Kernenergie Leben, Gesundheit und Sachgüter wie auch die innere oder äußere Sicherheit gefährdet. Demgemäß darf nach § 7 AtG eine Genehmigung nur erteilt werden, wenn:

- keine Bedenken gegen Zuverlässigkeit und Fachkunde des Antragstellers bzw. der Betriebsleitung bestehen;
- die sonst dort Tätigen die notwendigen Kenntnisse über einen sicheren Betrieb der Anlage, die möglichen Gefahren und Schutzmaßnahmen besitzen;
- die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden durch die Errichtung und den Betrieb der Anlage getroffen ist;

- die erforderliche Vorsorge für die Erfüllung gesetzlicher Schadensersatzverpflichtungen getroffen ist;
- der erforderliche Schutz gegen Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter gewährleistet ist und
- im Hinblick auf die Reinhaltung des Wassers, der Luft und des Bodens keine öffentlichen Interessen der Wahl des Standortes entgegenstehen.

Die häufig geforderte Präzisierung der in § 7 AtG enthaltenen unbestimmten Rechtsbegriffe wird vom Bundesministerium des Inneren nach wie vor abgelehnt. Dieses Ministerium meint, das rechtliche Instrumentarium für die Genehmigung kerntechnischer Anlagen in einem vierstufigen Aufbau habe sich bewährt: die grundlegenden Schutzziele und Schutzmaßnahmen in § 7 AtG; deren Konkretisierung durch atomrechtliche Verordnungen; eine weitergehende Konkretisierung durch verwaltungsinterne Regelungen und eine letzte Konkretisierung durch Bestimmung der Mittel zur Verwirklichung bestimmter Schutzziele und Schutzmaßnahmen nach den »Regeln der Technik«.

(2) Anders als in vielen anderen Staaten gibt es in der Bundesrepublik Deutschland keine zentrale Genehmigungsbehörde. Die Genehmigung wird stets von dem nach Landesrecht zuständigen *Ministerium des Landes* erteilt, in welchem die Anlage errichtet werden soll. Dieses Ministerium ist gehalten, zahlreiche Behörden der verschiedenen Stufen an den Verfahren zu beteiligen oder deren fachliche Stellungnahmen einzuholen. Die Länder handeln gemäß Artikel 87c und 85 des Grundgesetzes im Auftrag und nach Weisung des Bundes, der im Rahmen der konkurrierenden Gesetzgebungskompetenz (Artikel 74 Ziffer 11a GG) für die Reaktorsicherheit zuständig ist und dem die Aufsicht über die Recht- und Zweckmäßigkeit der Entscheidungen der Landesbehörden zusteht. Auf der Ebene des Bundes ist seit Herbst 1972 der Bundesminister des Innern zuständig für die Wahrnehmung der Schutzaufgaben im Bereich der Reaktorsicherheit und des Strahlenschutzes. Seitdem ist die Bundeskompetenz für Reaktorsicherheit und Strahlenschutz von derjenigen für die Förderung der Kernenergie getrennt. Eine größere Unabhängigkeit bei Entscheidungen über Fragen der Reaktorsicherheit und des Strahlenschutzes wird dadurch gewährleistet. Andererseits haben sich damit aber auch die Impulse vermindert, ein Verfahren so zügig wie nur möglich zu Ende zu führen.

Die Abwicklung des *Genehmigungsverfahrens für ein Kern-*

kraftwerk umfaßt zahlreiche Verwaltungsakte in den Zuständigkeiten nicht nur des Atomrechts, sondern auch des Wasser-, Energiewirtschafts-, Bau-, Naturschutz-, Landschaftsschutz- und allgemeinen Immissionsschutzrechts und ist damit kompliziert und langwierig. Der in der Abbildung 102 wiedergegebene Ablauf ist vereinfacht und läßt auch die Zahl der eingeschalteten Behörden nicht erkennen.

Die Genehmigungsbehörde beteiligt alle in ihrem Zuständigkeitsbereich betroffenen Behörden, etwa die Bau- und Wasserbehörden. Dies gilt insbesondere für den Bundesminister des Innern (BMI), der wiederum weitere betroffene Bundesministerien einschaltet. Bei ihrer Prüftätigkeit ziehen die Genehmigungsbehörden Gutachter zu. Auf dem Gebiet der Reaktorsicherheit und des Strahlenschutzes sind dies in der Regel die Technischen Überwachungsvereine (TÜV) und die Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS). Der Bundesminister des Inneren (BMI) läßt sich bei der Wahrnehmung seiner Aufsichtspflicht und in grundsätzlichen Fragen von seinen Sachverständigengremien, der Reaktorsicherheitskommission (RSK) und der Strah-

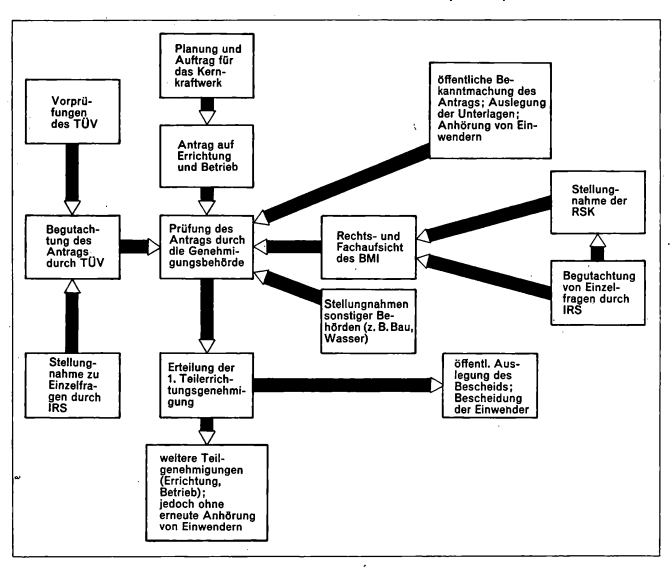


Abb. 102: Schematischer Ablauf des atomrechtlichen Genehmigungsverfahrens in der Bundesrepublik Deutschland; nach: Viertes Atomprogramm der Bundesrepublik Deutschland.

lenschutzkommission (SSK), beraten. Diesen gehören unabhängige und sachkundige Experten der einschlägigen Wissenschaftsgebiete an.

Die Errichtungsgenehmigung und die Betriebsgenehmigung werden nacheinander jeweils erst dann erteilt, wenn die Ergebnisse aller in dem Ablaufdiagramm (Abbildung 102) bezeichneten Untersuchungen, Begutachtungen und Stellungnahmen vorliegen. In der Praxis hat sich durchgesetzt, daß diese Genehmigungen regelmäßig in Teilgenehmigungen aufgespalten werden. Besondere Bedeutung hat hierbei die *erste Teilgenehmigung,* mit der die Behörde nicht nur die ersten Baumaßnahmen, sondern insbesondere den Standort und das sicherheitstechnische Grundkonzept der Anlage billigt. Mit Hilfe des Instruments der Teilgenehmigung hat die Genehmigungsbehörde die Möglichkeit, während der mehrjährigen Bauzeit eines Kernkraftwerks auch die Berücksichtigung der neuesten wissenschaftlichen und technischen Erkenntnisse über die Sicherheit von Kernkraftwerken durch entsprechende Auflagen zu erwirken. Der Antragsteller kann hierdurch veranlaßt werden, die Konzeption und die Ausführung der Anlage zu ändern, soweit hiermit kein Eingriff in bereits genehmigungsrechtlich geschützte Positionen verbunden ist. Nach Erteilung der Betriebsgenehmigung wacht die Aufsichtsbehörde während der gesamten Lebenszeit einer kerntechnischen Anlage darüber, daß alle mit der Genehmigung verbundenen Auflagen eingehalten werden. Die Genehmigungsbehörde kann auch später noch nachträgliche Auflagen verfügen. Sie muß eine erteilte Genehmigung widerrufen, wenn eine erhebliche Gefährdung vorhanden ist und nicht durch andere Maßnahmen (Auflagen) beseitigt werden kann.

(3) Nach § 6 der Atomrechtlichen Verfahrensverordnung muß der Antrag auf Genehmigung öffentlich ausgelegt werden. Jeder kann Einsicht nehmen und seine Bedenken der Genehmigungsbehörde innerhalb der gesetzlichen Frist von zwei Monaten mitteilen. Diese hat jeden Fall zu prüfen und in ihrer Schlußentscheidung zu würdigen. In diesen Rahmen der Bürgerbeteiligung fällt auch die gesetzlich vorgeschriebene *öffentliche Erörterung,* in welcher der Antragsteller zu allen zulässigen Einwendungen Stellung zu nehmen hat. Die Auseinandersetzungen in diesen Erörterungsterminen zwischen den durch Sachverständige unterstützten ortsansässigen und überregional organisierten Kernenergiegegnern einerseits und den Befürwor-

tern des Projekts andererseits sind stets hart und langdauernd, ohne daß sich dabei eine Einigung ergibt.

Die aus politischen Gründen begrüßenswerte Einschaltung der Öffentlichkeit in die Genehmigungsverfahren hat für die zur Entscheidung berufene Behörde aber auch zu außergewöhnlichen Belastungen geführt. Die Zahl der Einsprüche gegen den für ein Kernkraftwerk vorgesehenen Standort ist häufig recht hoch: 1972 gegen Breisach am Kaiserstuhl mehr als 400 begründete Einzeleinsprüche und über 65000 listenmäßig erfaßte Unterschriften. Die Behörden und gegebenenfalls auch die Gerichte werden damit vor kaum zu bewältigende Aufgaben gestellt. Deshalb sollte insbesondere das Problem der Masseneinsprüche überdacht werden. Die Atomrechtliche Verfahrensverordnung vom 18. Februar 1977 hat insoweit keine Änderung des bisherigen Rechtszustandes gebracht. Das Problem ist, einen gerechten Ausgleich zu finden zwischen den Individualinteressen der betroffenen Bürger und dem energiewirtschaftlichen Interesse der Allgemeinheit an einem zügigen Genehmigungsverfahren.

(4) Wegen der unerträglich langen Verzögerungen bei der Planung und beim Bau von Kernkraftwerken, die die betroffenen Industriezweige auch in Beschäftigungsschwierigkeiten gebracht hatte, erklärte die Bundesregierung in ihrer Regierungserklärung vom 24. November 1980, sie werde mit den Bundesländern prüfen, wie die Genehmigungsverfahren für Kernkraftwerke beschleunigt werden können. Im Zeitpunkt des Redaktionsschlusses dieses Kapitels – Herbst 1981 – zeichnet sich ab, daß die Bundesregierung sich darauf beschränken will, die Verfahren durch »administrative Maßnahmen« zu beschleunigen und zu straffen: verstärkte Koordination der Genehmigungsbehörden, Vereinheitlichung der Genehmigungsunterlagen und besserer Konsens der Gutachtergremien. Die Notwendigkeit gesetzgeberischer Initiativen wird verneint[89].

Demgegenüber hatte das Deutsche Atomforum in seinem »Memorandum über notwendige Änderungen des Atomrechts« vom Januar 1981 neue Gesetze und Verordnungen gefordert, um »der Wirtschaft, der Verwaltung und den Gerichten wieder einen verläßlichen Rahmen für ihre Entscheidungen zur Verfügung zu stellen«. Im einzelnen sollte damit erreicht werden:

[89] Antwort des parlamentarischen Staatssekretärs A. v. Schoeler vom 10. Dezember 1980 auf eine Anfrage im Deutschen Bundestag.

- eine Verringerung der Zahl der Teilerrichtungsgenehmigungen im Rahmen eines Genehmigungsverfahrens;
- der Verzicht auf erneute Öffentlichkeitsbeteiligung, wenn wesentliche Änderungen von Genehmigungsbescheiden nur der Erhöhung der Sicherheit dienen;
- eine verstärkte Konkretisierung unbestimmter Rechtsbegriffe im Atomgesetz, beispielsweise des Begriffs »Stand von Wissenschaft und Technik« (§ 7 Abs. 2 Nr. 3 AtG).

Bereits im November 1980 hatte Werner Rinke[90] präzise Forderungen zur Änderung in der Gesetzgebung erhoben, die auch die Verfahren zur Genehmigung von Kohlekraftwerken einbeziehen. Im einzelnen:

- die Einführung eines Standortplanfeststellungsverfahrens (s. weiter unten);
- Verbesserungen der materiellen Genehmigungsvoraussetzungen, und zwar
  - präzisere Formulierung der Genehmigungstatbestände;
  - im Regelfalle: Bindung der Genehmigungsbehörden und der Gerichte an die TA Luft;
  - Einengung der Auslegungsspielräume des § 7 AtG durch Konkretisierung des zu akzeptierenden Restrisikos und rechtsverbindliche Ausgestaltung der technischen Regelwerke;
  - Ablehnung der Verbandsklage, weil sie das auf Individualrechtsschutz abgestellte Rechtsschutzsystem durchbricht.

(5) Eine bis dahin nicht dagewesene Eskalation der Auseinandersetzungen im Rahmen eines Genehmigungsverfahrens brachte das von der Kernkraftwerk Süd GmbH (KWS) getragene deutsche *Kernkraftwerksprojekt Wyhl.* Ähnlich war dies beim Genehmigungsverfahren für das nicht weit entfernte schweizerische Kernkraftwerk Kaiseraugst bei Basel am Hochrhein. Die Auseinandersetzungen um das Bauvorhaben Wyhl in den Jahren 1975 und 1976 verdienen als exemplarisch festgehalten zu werden: Ursprünglich wollte die Kernkraftwerk Süd (KWS) dieses Kraftwerk auf einem etwa 20 km weiter südlich gelegenen Standort im Raum Breisach am Kaiserstuhl bauen. Nach sorgfältiger Untersuchung aller Möglichkeiten zwischen

[90] W. Rinke, Notwendige Verbesserungen für das Genehmigungsverfahren zur Errichtung neuer Kraftwerke, Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 11–12/1980, S. 836; vgl. dazu auch W. Fürst, Der Rechtsschutz bei der Nutzung der Kernenergie (Vortrag anläßlich der Mitgliederversammlung des Deutschen Atomforums am 27. 11. 1980 in Bonn), atomwirtschaft, 2/1981, S. 66.

Basel und Straßburg wählte eine interministerielle Kommission, in der alle mit Umweltfragen betrauten Ressorts vertreten waren, dann aber Wyhl als Standort, weil gemäß einem von der Landesregierung Baden-Württemberg angeforderten Gutachten dort eventuelle schädliche Auswirkungen auf den »von der Sonne verwöhnten« Kaiserstühler Wein auszuschließen seien. Das in Gang gesetzte atomrechtliche Genehmigungsverfahren löste nahezu 90000 Einsprüche aus. Der Widerstand richtete sich nicht zuletzt gegen die gewaltigen Kühltürme und die befürchtete Dampfschwadenbildung, hätte also auch ein herkömmliches Kraftwerk treffen können. Die Bevölkerung der Gemeinde Wyhl sprach sich gleichwohl in einem Bürgerentscheid am 12. Januar 1975 mit einer Mehrheit von 55% für den Bau des Kraftwerks aus und bot hierfür ein gemeindeeigenes Grundstück an.

Nach der ersten atomrechtlichen Teilgenehmigung vom 22. Januar 1975 wurden die Bauarbeiten nicht aufgenommen, da am 18. Februar etwa 150 Personen das umzäunte Baugelände besetzten. Die Besetzer wurden zwar am 20. Februar durch Polizeieinheiten vertrieben, nach erneuten Auseinandersetzungen mit der Polizei wurde das Gelände aber diesmal von einigen tausend, überwiegend von auswärts kommenden Personen wieder besetzt. Die Polizei zog sich zurück; das Gelände blieb in der Hand der Besetzer, die sich dort einrichteten.

Die am 14. März 1975 vom Verwaltungsgericht ausgesprochene Aussetzung der sofortigen Vollziehung der ersten Teilerrichtungsgenehmigung[91] (Begründung: der Baubeschluß war übereilt und die Energiebedarfsprognose zweifelhaft) führte dann aber nicht zu dem erwarteten Ende der Besetzung, obwohl der Zweck erreicht war und obwohl die Interessengruppe »KKW Ja Wyhl« die Regierung in einem offenen Brief aufforderte, die Mißachtung von Recht und Gesetz abzustellen.

Mit Beschluß vom 8. Oktober 1975 hob der Verwaltungsgerichtshof Baden-Württemberg in Mannheim den vom Verwaltungsgericht Freiburg verfügten und im Beschwerdeverfahren angefochtenen Baustopp auf[92]. Mit dem Bau hätte daraufhin

[91] Zum verwaltungsgerichtlichen Verfahren s.d. nächsten Abschnitt.

[92] Auch für das Kernkraftwerk Grafenrheinfeld bei Schweinfurt hat die zweite Instanz – der Bayerische Verwaltungsgerichtshof in München – die von der ersten Instanz – dem Verwaltungsgericht Würzburg – im August 1974 ausgesetzte sofortige Vollziehbarkeit eines atomrechtlichen Genehmigungsbescheides im November 1974 wiederhergestellt. In der gleichen Zeit wurde – erstmalig – die

begonnen werden können, allerdings auf das Risiko des Bauherrn, da der Verwaltungsgerichtshof Mannheim die aufschiebende Wirkung bestätigte, soweit die angefochtene Genehmigung grundsätzliche sicherheitstechnische Auslegungsfragen betraf, die sich im Hauptsacheverfahren vor dem Verwaltungsgericht Freiburg noch im Streit befanden. Zu einer Räumung der zuletzt nur noch von etwa einem Dutzend Jugendlicher besetzten Baustelle kam es aber erst am 7. November 1975, nachdem die 43 als stimmberechtigt erklärten Vertreter der Bürgerinitiativen und Umweltschutzorganisationen gegen einige jugendliche Gruppen mehrheitlich entschieden hatten, mit der Landesregierung mit dem Ziel zu verhandeln, daß die Bauarbeiten erst nach Abschluß des schwebenden Hauptverfahrens vor dem Verwaltungsgericht Freiburg in Angriff genommen werden sollen. Die Landesregierung ihrerseits garantierte für die Dauer der Verhandlungen die Unversehrtheit des Platzes. Am 31. Januar 1976 kam ein Kompromiß zustande, demzufolge der rechtlich zulässige Baubeginn des Kraftwerks wenigstens bis zum 1. November 1976 zurückgestellt wird. Dieser »Offenburger Vereinbarung« stimmten die 43 Bürgerinitiativen bei einer zweiten Abstimmung am 8. April 1976 mehrheitlich (23 : 7 bei 13 Enthaltungen) zu. Eine Einigung kam bis Ende 1976 nicht zustande. Die Landesregierung und die badisch-elsässischen Bürgerinitiativen konnten sich auch in der folgenden Zeit nicht zusammenfinden. Der Bau blieb weiter aufgeschoben, so daß die am 14. März 1977 vom Verwaltungsgericht Freiburg vorgenommene Aufhebung der ersten Teilerrichtungsgenehmigung das Stilliegen der Baustelle nur auf eine andere rechtliche Grundlage stellte.

Ähnliche Vorfälle spielten sich nicht nur im Zusammenhang mit Genehmigung und Baubeginn des schweizerischen Kernkraftwerks Kaiseraugst in der Nähe von Basel ab[93], sondern begleiteten auch die Verhandlungen vor den Verwaltungsgerichten über andere deutsche Kernkraftwerksvorhaben, insbesondere Brokdorf, Grohnde, Kalkar, aber auch Philippsburg

Errichtung eines Kernkraftwerkes – das Projekt Bailly der Northern Indiana Public Service Co. – durch Gerichtsbeschluß endgültig untersagt.

[93] 125 000 Schweizer Bürger unterstützten im Mai 1976 mit Erfolg den Antrag auf ein innerhalb von drei Jahren abzuhaltendes Referendum, das die Genehmigung zum Bau von Kernkraftwerken von der Zustimmung der Mehrheit in einem Umkreis von 30 km abhängig macht. Diese Initiative fand in der schweizerischen Volksabstimmung am 18. Februar 1979 keine Mehrheit.

und Esensham. In dem diesem Buch gesetzten Rahmen ist es nur gelegentlich möglich, auf diese zum Teil spektakulären Vorkommnisse im einzelnen einzugehen.

5.6.2 Kernenergie und Verwaltungsgerichtsbarkeit[94]

Nachdem gelegentlich bereits in den 60er Jahren Gerichte gegen behördliche Entscheidungen über die Errichtung oder die Inbetriebnahme von Kernkraftwerken – zumeist erfolglos – angerufen worden waren, wird mittlerweile praktisch jedes Kraftwerksprojekt vor den Verwaltungsgerichten angegriffen[95]. Die-

[94] Folgende dem Nichtjuristen wenig vertrauten Abkürzungen werden in diesem Abschnitt verwendet:

VG = Verwaltungsgericht (1. Instanz)
OVG bzw. VGH = Oberverwaltungsgericht bzw. Verwaltungsgerichtshof (2. Instanz)
BVerwG = Bundesverwaltungsgericht (3. Instanz)
1., 2. ... TEG = erste, zweite ... Teilerrichtungsgenehmigung.

Zum besseren Verständnis sei ferner folgendes bemerkt:

1. Gegen jeden Verwaltungsakt, d.h. auch gegen eine TEG kann Widerspruch eingelegt werden. Hilft die Behörde, an die der Widerspruch gerichtet ist, oder auch die nächsthöhere Behörde, diesem Widerspruch nicht im sog. Vorverfahren ab, so kann mit Zustellung des Widerspruchsbescheides die TEG vor dem Verwaltungsgericht angefochten werden.

2. Der Widerspruch hat ebenso wie die Anfechtungsklage grundsätzlich aufschiebende Wirkung. Diese Wirkung entfällt, d.h. die TEG erhält unverzügliche Rechtskraft, wenn die sofortige Vollziehung der TEG von der Behörde, die diese erteilt hat, angeordnet wird. Das Gericht, das mit der Hauptsache befaßt ist, kann die aufschiebende Wirkung auf Antrag aber wieder herstellen, d.h. die TEG bis auf weiteres außer Vollzug setzen.

[95] Vgl. hierzu V. Götz, Zur Rechtsprechung der Verwaltungsgerichte in Kernkraftprozessen, atomwirtschaft Nr. 7–8/1977, S. 404; D. Kuhnt, Verfahrensrechtliche Probleme der Rechtsprechung zum Atomrecht, atomwirtschaft Nr. 7–8/1977, S. 406; D. Kuhnt u. U. Mutschler, Entwicklungstendenzen in der Rechtsprechung zum Atomrecht, Zeitschrift für Energiewirtschaft Nr. 2/78, S. 118; U. Büdenbender u. U. Mutschler, Zur Aufspaltung der sofortigen Vollziehung von atomrechtlichen Teilentscheidungen, Energiewirtschaftliche Tagesfragen Nr. 6/1979, S. 333; D. Rauschning, Standort und Sicherheit von Kernenergieanlagen, Vortrag am 1. Dezember 1978 in Karlsruhe; R. Lukes, Die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden, atomwirtschaft Nr. 2/1980, S. 74; R. Lukes, W. Bischof u. N. Pelzer, Sachverständigentätigkeit im atomrechtlichen Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren in der Bundesrepublik Deutschland, Frankreich, Großbritannien und den Vereinigten Staaten, Heidelberg 1980. E. Ziegler, Das Atomenergierecht in der Bundesrepublik Deutschland 1979, Jahrbuch der Atomwirtschaft 1980, S. A 27; ferner: W. Fürst (Präsident des Bundesverwaltungsgerichts a.D.), Verdrängt die Justiz die Politik?, Energiewirtschaftliche Tagesfragen Nr. 1/81, S. 32 und C.D. Degenhart, Gerichtliche Kontrollbefugnisse und Drittklage im Kernenergierecht, Energiewirtschaftliche Tagesfragen Nr. 3/1981, S. 203.

se Gerichte werden damit zu Letztentscheidenden und Letztverantwortlichen über ökonomische und sicherheitspolitische Fragen. Das verdeutlichen die nachfolgend dargestellten gerichtlichen Auseinandersetzungen um sechs geplante oder im Bau befindliche Kernkraftwerke, was keineswegs heißen soll, daß die übrigen Projekte von derartigen Auseinandersetzungen verschont waren[96]. Dabei sollte bedacht werden, daß je nach dem Baufortschritt ein Tag Bauunterbrechung bis zu 1 Mio DM Zusatzkosten verursacht[97].

(1) *Kernkraftwerk Süd (KWS) in Wyhl*

Nachdem das für die Genehmigung zuständige Wirtschaftsministerium unter dem 22. Januar 1975 für die Errichtung des Vorhabens eine 1. TEG unter Anordnung der sofortigen Vollziehung erteilt hatte, die vom VG Freiburg mit Beschluß vom 14. März 1975 aufgehoben, vom VGH Mannheim unter dem 8. Oktober 1975 jedoch später teilweise bestätigt worden war, wurde in dem Streit zur Hauptsache vom 27. Januar bis 9. Februar 1977 in Herbolzheim mündlich verhandelt. Verlauf und Ergebnis dieses Prozesses wurden insbesondere deshalb mit Spannung erwartet, weil sich die Landesregierung von Baden-Württemberg, wie oben erwähnt, Anfang Januar 1977 mit verschiedenen Verbänden darauf geeinigt hatte, daß mit dem Bau des Kraftwerks frühestens begonnen werden solle, wenn das erstinstanzliche Urteil über die anhängigen Klagen vorliegt.

In der mündlichen Verhandlung, der die Klagen von sechs Gemeinden und zehn Einzelpersonen zugrunde lagen, hörte das VG Freiburg zu Beweiszwecken insgesamt 50 Sachverständige, die teilweise gerichtlich bestellt, teilweise von den Prozeßbeteiligten zugezogen worden waren. Die Beweisaufnahme erfolgte anhand eines Katalogs von 100 Einzelfragen, dessen Inhalt das Gericht sowohl den Prozeßbeteiligten, als auch der Öffentlichkeit zuvor zugänglich gemacht hatte.

Mit seinem am 14. März 1977 verkündeten Urteil hob das VG Freiburg die am 22. Januar 1975 erteilte 1. TEG auf. Das Urteil ist allein darauf gestützt, daß nach der vom Gericht aus der

[96] Das Bundesverwaltungsgericht hat in mehreren Urteilen vom 18. Juli 1980 die Befugnis zu Klagen gegen Genehmigungsbescheide für Kernenergieanlagen präzisiert. Der Kläger muß »persönlich betroffen« sein. Vereinen und Verbänden steht ein solches Klagerecht – die sogenannte Verbandsklage – nicht zu.

[97] Nach H. Trenkler, Kosten der Bauzeitverlängerung bei Kernkraftwerken, atomwirtschaft Nr. 5/1976, S. 246, vgl. auch J. Vollradt, Was die Verzögerung von Kernkraftwerken kostet, FAZ, 27. 5. 1980.

Beweisaufnahme gewonnenen Überzeugung ein katastrophales Versagen des Reaktordruckbehälters nicht ausgeschlossen werden könne. In allen andern Punkten kommt das Gericht zur Abweisung der klägerischen Einwände gegen den angefochtenen Genehmigungsbescheid.

Zur Gefahr des Druckbehälterberstens führt das Urteil in seiner schriftlichen Begründung aus, daß der Eintritt eines solchen Ereignisses zwar äußerst unwahrscheinlich, jedoch nicht gänzlich ausschließbar sei und dann zu einer »Katastrophe nationalen Ausmaßes« führen würde. In Anbetracht der »ungeheuren Schadensfolgen« müsse das Risiko eines Druckbehälterversagens nach den von der Kammer vertretenen Wertmaßstäben auf null reduziert werden. Dies lasse sich lediglich durch einen sogenannten Berstschutz (Stahlbetonummantelung des Druckbehälters und der übrigen Primärkreiskomponenten) erreichen. Dem Einwand, der Berstschutz entspreche nicht dem »Stand von Wissenschaft und Technik« im Sinne des § 7 Abs. 2 Ziff. 3 AtG begegnete die Kammer mit dem Hinweis, daß eine derartige Einrichtung bei dem seinerzeit geplanten, inzwischen jedoch aufgegebenen Kernkraftwerksprojekt der BASF vorgesehen gewesen sei. Diese technisch-konstruktive Berstsicherung sei damals von der Reaktorsicherheitskommission (RSK) als sicherheitstechnischer Fortschritt angesehen worden. Auch wenn die RSK von dieser Beurteilung später wieder abgewichen sei, so gebe es für die Kammer doch keinerlei Anhaltspunkte, die Richtigkeit der früheren Auffassung in Zweifel zu ziehen, zumal nicht ausgeschlossen werden könne, daß in die Betrachtungen, die zu der Aufgabe des Berstschutzes geführt hätten, auch wirtschaftliche Erwägungen eingegangen seien. Die auf das Votum der RSK gestützte Genehmigungsentscheidung sei daher insoweit nicht am Gesetz orientiert, als sie dem Schutz von Leben und Gesundheit der Umgebungsbevölkerung durch ein katastrophales Druckbehälterversagen nicht hinreichend Rechnung getragen habe.

Das Urteil fand in der Öffentlichkeit und im politischen Raum erhebliche Beachtung: Zum einen, weil erstmalig eine atomrechtliche Teilgenehmigung im Hauptsacheverfahren aufgehoben wurde, zum andern, weil diese Aufhebung aus Gründen der Reaktorsicherheit erfolgte, mit denen sich das Gericht außerhalb des einhelligen Urteils der Fachwelt stellte.

Das beklagte Land und das projektierende Unternehmen haben gegen dieses Urteil Berufung eingelegt. Die Entscheidung

des VGH Mannheim stand im Zeitpunkt der Drucklegung dieses Buches noch aus. Sie wird im Laufe des Jahres 1981 erwartet. Die Erkrankung eines Richters hat diesen Prozeß zusätzlich verzögert.

(2) *Kernkraftwerk Grafenrheinfeld (KKG)*

Zwei Tage nach Verkündung des Urteils zur 1. TEG für das Kernkraftwerk Wyhl begann vor dem VG Würzburg das Hauptsacheverfahren um die Rechtmäßigkeit der 1. TEG für das Kernkraftwerk Grafenrheinfeld. Das Gericht hatte über die Klagen von zwei Gebietskörperschaften, der Stadt Schweinfurt und der Gemeinde Bergrheinfeld, sowie von drei Privatpersonen zu entscheiden, die die Aufhebung der am 21. Juni 1974 erteilten Genehmigung begehrten. In dem klageabweisenden Urteil vom 25. März 1977 führt das VG Würzburg aus, daß neben der Unbegründetheit der klägerischen Bedenken im Hinblick auf den Strahlenschutz, die Wasserwirtschaft, die bauplanungsrechtliche Zulässigkeit und den Katastrophenschutz auch »ein Bersten des Reaktordruckbehälters nach menschlichem Ermessen unwahrscheinlich« sei. Der in Grafenrheinfeld verwendete Druckwasser-Reaktor biete gemäß § 7 AtG die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge. Zwar könne ein katastrophales Druckbehälterversagen nicht vollkommen ausgeschlossen werden, doch sei die Vorsorge gegen ein solches Versagen auch auf andere Weise als durch den Einbau einer Berstsicherung zu gewährleisten. Neben dem Berstschutz aus Stahlbeton sei es auch möglich, einem Behälterversagen durch die Qualität des Behälters sowie Maßnahmen der Qualitätssicherung und -kontrolle entgegenzuwirken. Das hierfür in der Bundesrepublik Deutschland zur Verfügung stehende System reiche für den Nachweis der erforderlichen Vorsorge aus. Dementsprechend sei es aus Rechtsgründen nicht zu beanstanden, wenn im Rahmen der sicherheitstechnischen Auslegung lediglich ein Rohrleitungsversagen, nicht jedoch ein Druckbehälterversagen berücksichtigt werde. Die Kammer würdigte eingehend die Stellungnahmen der RSK zum Berstschutzproblem und erkannte an, daß das Abgehen dieser Kommission von ihrer Stellungnahme zum BASF-Kraftwerk im Falle des Kernkraftwerks Grafenrheinfeld durch neuere Erkenntnisse über die verwendeten Werkstoffe und deren Verhalten gerechtfertigt war, nicht jedoch, wie das VG Freiburg meinte, durch wirtschaftliche Erwägungen.

Gegen die klageabweisende Entscheidung des VG Würzburg haben die Stadt Schweinfurt und mehrere andere Kläger Berufung beim Bayerischen VGH in München eingelegt. Dieser verkündete am 9. März 1979 zwei Zwischenurteile zur Zulässigkeit der Klagen. Diese beiden Zwischenurteile hat das BVerwG durch seinen Beschluß vom 30. April 1980 bestätigt. In der Hauptsache steht die Entscheidung des Bayerischen VGH noch aus.

(3) *Kernkraftwerk Mülheim-Kärlich*

Mit Beschlüssen vom 4. Juni 1976 und 20. Juli 1976 wies das OVG Rheinland-Pfalz in Koblenz Beschwerden gegen die Beschlüsse des VG Koblenz vom 1. August 1975 zurück, mit denen die Anträge der Stadt Neuwied und zweier Privatpersonen gegen die angeordnete Aussetzung der sofortigen Vollziehung der 1. TEG abgelehnt worden waren. Eine Rechtsmittelführerin beantragte daraufhin ergänzend, die aufschiebende Wirkung ihrer Klage gegen den 7. Freigabebescheid, der sich auf die 1. TEG stützt, wiederherzustellen. Das VG Koblenz gab diesem Antrag statt, im wesentlichen mit der Begründung, die angefochtene 7. Freigabe weiche in wesentlichen Punkten von der 1. TEG vom 9. Januar 1975 ab. Dies hätte insoweit die Durchführung eines förmlichen Genehmigungsverfahrens erforderlich gemacht. Diesen Beschluß vom 4. Februar 1977 hob das OVG Koblenz am 3. Mai 1977 wieder auf. Es stellte hierbei fest, daß Änderungen der Anlage im Detail während der Errichtungsphase auch ohne erneutes förmliches Genehmigungsverfahren zulässig sind, soweit sie neue sicherheitstechnische Erkenntnisse berücksichtigen und das mit der Grundsatzgenehmigung festgelegte Sicherheitsniveau nicht nachteilig beeinflussen. Der Bau konnte daraufhin weitergehen.

Die erstinstanzliche Entscheidung im Hauptverfahren fiel erst am 7. Dezember 1979. Das VG Koblenz entschied, daß ein neues atomrechtliches Genehmigungsverfahren durchzuführen ist. Damit gab das Gericht der Klage mehrerer Bürger und der Stadt Neuwied gegen das Land Rheinland-Pfalz statt. Die Grundlage der Urteile war wiederum die nach Abschluß des ersten atomrechtlichen Verfahrens verfügte Änderung der Gebäudeanordnung, weil der ursprünglich geplante Kompaktbau auf einer Verwerfungslinie hätte errichtet werden müssen. Seismologen hatten für den Fall eines Erdbebens Verschiebungen von bis zu sechs Zentimetern in vertikaler und drei Zentimetern

in horizontaler Ebene für möglich gehalten. Deshalb war durch eine neue Anordnung der Gebäude zwischen Reaktor und Maschinenhaus eine Gasse freigelassen worden. Nach Meinung der erfolgreichen Kläger hat sich damit das Sicherheitsrisiko erhöht. Gegen dieses Urteil, das nicht mit einem Baustopp verbunden war, ging das Land Rheinland-Pfalz unverzüglich in die Berufung.

Ein Antrag auf Wiederherstellung der aufschiebenden Wirkung der bei dem gleichen Gericht anhängigen Klage gegen den 7. Freigabebescheid lehnte das OVG Koblenz durch Beschluß vom 11. Juli 1980 ab. Die Arbeiten an den durch diesen Bescheid betroffenen Anlageteilen konnten damit weitergehen, obwohl die 7. Freigabe in der ersten Instanz schon einmal aufgehoben worden war. Wenig später – am 17. Juli 1980 – stellte das Bundesverwaltungsgericht in dritter und letzter Instanz fest, daß Nichtigkeitsgründe gegen die bereits lange Zeit vorher erteilte 1. TEG nicht vorliegen, diese Genehmigung möglicherweise aber anfechtbar sei. Schließlich wies das OVG Koblenz mit Urteil vom 18. November 1980 insgesamt 41 Einzelklagen des sog. Forum Humanum gegen den Bau von Mülheim-Kärlich als unzulässig ab, weil die vorwiegend in Norddeutschland lebenden Kläger nicht persönlich betroffen seien.

Gegen die Entscheidung des OVG Koblenz vom 3. Mai 1977, die letztinstanzlich die sofortige Vollziehbarkeit der 7. Freigabe bestätigte (s. o.), war Verfassungsbeschwerde eingelegt worden. Vor allem war geltend gemacht worden, daß es sich bei der gegenüber den Planunterlagen des Sicherheitsberichts veränderten Gebäudeanordnung um eine »wesentliche Änderung« im Sinne des § 7 Abs. 1 AtG handele. Das angerufene Bundesverfassungsgericht hielt mit seinem Beschluß vom 20. Dezember 1979 die angefochtene Entscheidung des OVG im Ergebnis aufrecht, setzte sich aber mit der Frage auseinander, inwieweit Verfahrensvorschriften des Atomgesetzes Grundrechtsrelevanz im Hinblick auf die Gewährleistung der durch dieses Verfahrensrecht geschützten Grundrechte zukommt. Näheres hierzu unter 5.6.5.

Vor dem Hintergrund dieses Beschlusses entschieden sich die Genehmigungsbehörden, die Planänderungen gegenüber dem Sicherheitsbericht mit der Öffentlichkeit zu erörtern. Am 16. Februar 1981 fand der erste Termin statt.

(4) *Gemeinschaftskernkraftwerk Grohnde (KWG)*
Unmittelbar im Anschluß an die Erteilung der 1. TEG am 6. Juni 1976 war mit den Bauarbeiten auf dem Standort begonnen worden. Zahlreiche Anträge auf Aussetzung der angeordneten sofortigen Vollziehung wies das VG Hannover mit Beschlüssen vom 17. März 1977 als unzulässig zurück, weil die Antragsteller (die Stadt Hameln und elf weitere Kläger) bis dahin gegen die 1. TEG noch keine Klage zur Hauptsache erhoben hatten[98]. Auf die Anträge einer chemischen und einer pharmazeutischen Fabrik hin stellte dann aber das VG Hannover im Anschluß an die mündliche Verhandlung vom 2. Juni 1977 die aufschiebende Wirkung der Klagen wieder her. Die Aussetzung der sofortigen Vollziehung wurde damit gerechtfertigt, daß die Genehmigungsfähigkeit des Standortes wegen der Gefahr einer Schädigung der in unmittelbarer Nähe produzierten Pharmazeutika und Chemikalien zweifelhaft sei.

Die beigeladenen Kraftwerksunternehmen legten gegen den Aussetzungsbeschluß Beschwerde ein. Sie ersuchten das VG Hannover, der Beschwerde abzuhelfen, um eine weitere Verzögerung zu vermeiden. Mit Beschluß vom 22. September 1977 lehnte das VG Hannover dies ab. Daraufhin mußten die Bauarbeiten zum 20. Oktober 1977 eingestellt werden. Sie konnten erst nach einer Entscheidung des OVG Lüneburg am 22. Februar 1979 wieder aufgenommen werden. In dem Beschluß gestattete das OVG Lüneburg vorläufig und unter Auflagen das Werk weiterzubauen, und zwar unter der Bedingung, daß Bauherr und Genehmigungsbehörde weiterhin die Auswirkungen des Kraftwerkbetriebs auf die Produkte der klagenden Industrieunternehmen untersuchen. Die Ergebnisse dieser Untersu-

[98] Im Zusammenhang mit dieser Gerichtsentscheidung fand am 19. März 1977 die bisher gewalttätigste Demonstration gegen ein Kernkraftwerksprojekt statt: Die Großkundgebung verschiedener Bürgerinitiativen mit 15000 Teilnehmern gegen das bereits im Bau befindliche KKW verlief zunächst friedlich. Nach Eintreffen mehrerer tausend auswärtiger Teilnehmer wurde dann aber gewaltsam angegriffen, wobei am Baugelände zeitweise der äußere von drei Sperrzäunen durchbrochen wurde. Die Demonstranten wurden von starken Polizeikräften zurückgedrängt. Auf beiden Seiten gab es zahlreiche Verletzte. Die Polizei verhaftete 110 Demonstranten. Nach Angaben des niedersächsischen Innenministers Groß verursachten der Schutz der Reaktorbaustelle und die Abwehr der rechtswidrigen Angriffe Kosten in Höhe von über 10 Mio DM. Am 12. Juni 1977 errichteten Kernkraftwerksgegner auf dem von 200 Kernkraftwerksgegnern belegten Kühlturmgelände an der Baustelle ein »Anti-Atom-Dorf«. Dieses Dorf wurde am 23. August 1977 durch 1100 Beamte der Schutzpolizei und 200 Kriminalbeamte geräumt. Zu größeren Zwischenfällen kam es hierbei nicht.

chungen sollen bei der Entscheidung über die Klage selbst vorliegen. Das Gericht wog dabei die möglichen Nachteile für die Nachbarunternehmen ab gegen die Schäden an der Bausubstanz bei weiterer Stillegung. Nach Zustellung des schriftlichen Beschlusses sind die Bauarbeiten wieder aufgenommen worden. Am 5. Februar 1981 schränkte das OVG Lüneburg seinen Beschluß vom 22. Februar 1979 insofern ein, als die aufschiebende Wirkung der Klage der beiden betroffenen Industrieunternehmen wiederhergestellt wird, »soweit sich die Genehmigung auf das *Konzept* des Kernkraftwerks Grohnde erstreckt«. Der Beschluß erging, um insoweit eine Bindungswirkung des angefochtenen Genehmigungsbescheids zu vermeiden, bevor in der Hauptsache entschieden ist. Schon vorher – am 18. Juli 1980 – hat das OVG Lüneburg eine Klage von zehn Sportfischervereinigungen zurückgewiesen. Es räumte diesen Vereinigungen zwar eine eng begrenzte Klagebefugnis hinsichtlich der durch erwärmtes Kühlwasser befürchteten nachteiligen Auswirkungen auf die Fischbestände und in bezug auf die möglicherweise zu erwartenden radiologischen Belastungen ein, verneinte jedoch insoweit die Erfolgsaussichten der zugrundeliegenden Klage mangels ersichtlicher Rechtsverletzung.

(5) *Kernkraftwerk Brokdorf (KBR)*

Nachdem der zuständige Minister des Landes Schleswig-Holstein am 25. Oktober 1976 die 1. TEG für das Vorhaben Brokdorf erteilt hatte und unmittelbar danach die Bauarbeiten aufgenommen worden waren, setzte das VG Schleswig mit Beschluß vom 15. Dezember 1976 die sofortige Vollziehung dieser Genehmigung einstweilen aus, und zwar bis zu einer die erste Instanz abschließenden Entscheidung über die Rechtmäßigkeit der sofortigen Vollziehung. Diese Aussetzung mit der Folge eines Stopps der Bauarbeiten bestätigte das VG Schleswig auf Grund mündlicher Verhandlung mit seinem Beschluß vom 2. Februar 1977. In der Beschlußbegründung äußert das Gericht erhebliche Zweifel an der Rechtmäßigkeit der 1. TEG, weil die Genehmigungsbehörde es unterlassen habe, die spätere Entsorgung des Kernkraftwerks in ihre Überlegungen mit einzubeziehen. Dies wäre nach Auffassung des Gerichts deshalb erforderlich gewesen, weil nach § 9a des AtG, der mit Wirkung vom 30. August 1976 im Rahmen der 4. Atomrechtsnovelle in das Gesetz eingefügt worden war, auch der Errichter eines Kernkraftwerks verpflichtet sei, dafür zu sorgen, daß die radioakti-

ven Reststoffe schadlos verwertet und geordnet beseitigt werden. Anders als die Genehmigungsbehörde und die beigeladenen Versorgungsunternehmen war das Gericht der Auffassung, daß das Entsorgungsproblem bereits bei einer 1. TEG im Sinne eines vorläufigen Gesamturteils über die Anlage und ihren Betrieb hätte berücksichtigt werden müssen. Dies ergebe sich aus § 7 Abs. 2 Ziff. 3 AtG, wonach bei der Genehmigungserteilung eine ausreichende Vorsorge gegen Schäden durch die Errichtung und den Betrieb der Anlage darzutun sei. Zum »Betrieb« gehöre neben der Brennstoffversorgung auch die Entsorgung[99].

Die gegen diesen Beschluß beim OVG Lüneburg eingelegte Beschwerde blieb erfolglos. Mit Beschluß vom 17. Oktober 1977 bestätigte der 7. Senat des OVG Lüneburg die Rechtsauffassung des VG Schleswig mit der Maßgabe, daß die aufschiebende Wirkung der Klagen gegen die 1. TEG solange angeordnet bleibt, »bis ein prüffähiger Antrag für ein Zwischenlager zur Lagerung abgebrannter Brennelemente gestellt und geologische Untersuchungen zum Nachweis der Eignung eines bestimmten Standorts für die Endlagerung radioaktiver Abfälle eingeleitet sind«.

Das OVG räumt ausdrücklich ein, daß mit Stellung des Genehmigungsantrages für das deutsche Entsorgungszentrum und der Vorlage des Sicherheitsberichts die Versorgungswirtschaft

[99] Friedlich und ohne Zwischenfälle verlief die große Demonstration gegen das KKW Brokdorf am 19. Februar 1977. Die an einem gewaltlosen Verlauf interessierten Bürgerinitiativen hielten ihre Protestveranstaltung mit 12000 Teilnehmern in der Stadt Itzehoe ab. Später zogen etwa 10000 Demonstranten zur Baustelle. Mittels vorbereiteter Sperren gelang es Polizei und Grenzschutz, die Demonstranten zurückzuhalten, ohne daß es zu Gewalttätigkeiten kam. Die Demonstration in Brokdorf selbst war vom Landrat verboten, vom Verwaltungsgericht auf Antrag der Bürgerinitiativen zunächst mit Auflagen doch genehmigt, dann jedoch wieder verboten worden. Gleichwohl besetzten am 4. August 1977 rund 60 Kernkraftgegner eine Wiese unmittelbar am Gelände des KKW. Sie errichteten Zelte, provisorische Hütten und Transparente und bezeichneten sich als »Bauplatzbewachung«, um die Fortsetzung der Arbeiten auf dem Baugelände zu verhindern. Ein Ultimatum der Kreisverwaltung Steinburg zur Räumung der Wiese ließen die Demonstranten verstreichen. Erst am 9. August 1977 wurde das »Anti-Atom-Dorf« von den mittlerweile rund 150 Besetzern angesichts der anrückenden fünf Hundertschaften der Polizei aufgegeben und geräumt. Zu weiteren Demonstrationen kam es am 15. Oktober 1977. Zu diesem erneuten Protestmarsch hatte die Bürgerinitiative »Kein Kernkraftwerk an der Eckernförder Bucht und anderswo« zusammen mit dem kommunistischen Bund Westdeutschlands (KBW) aufgerufen. Die Demonstration begann friedlich. In den Abendstunden fand sich jedoch eine Restgruppe von 70 der ursprünglich 350 Demonstranten zusammen, um eine nicht genehmigte Kundgebung abzuhalten. Als die Polizei einschritt, gab es auf beiden Seiten Verletzte.

und die Kraftwerksindustrie ihrer Verpflichtung aus § 9a Abs. 1 AtG in vollem Umfang genügt hätten. Die staatlichen Stellen (Bund und Länder) hätten es jedoch verabsäumt, das ihrerseits Erforderliche zur Gewährleistung einer hinreichenden Entsorgungsvorsorge zu tun, insbesondere die gemäß § 9a Abs. 3 AtG bereitzustellenden Landessammelstellen für abgebrannten Brennstoff und das Endlager verfügbar zu machen bzw. die hierfür erforderlichen Schritte in die Wege zu leiten. Dies sei um so mehr zu bemängeln, als der Bund für die Verwirklichung des integrierten Entsorgungskonzepts in gewissem Sinne »vorleistungspflichtig« sei, da er eine definitive Standortauswahl für das Endlager zu treffen habe und naturgemäß erst im Anschluß an diese eine Detailbegutachtung des Entsorgungszentrums erfolgen könne. Das Gericht gelangt zu der Feststellung, daß die Aussetzung der sofortigen Vollziehung ausschließlich den Versäumnissen der zuständigen staatlichen Instanzen in der Entsorgungsvorsorge zuzuschreiben sei. Im übrigen hat das OVG Lüneburg gegen Bau und Betrieb des Kernkraftwerks Brokdorf weder Bedenken im Hinblick auf die sicherheitstechnische Auslegung der Anlage, noch wegen der mit dem späteren Betrieb verbundenen Strahlenbelastung.

Zunächst gingen die Auffassungen darüber, ob nach diesem Beschluß des OVG Lüneburg der Baustopp fortbestehe, auseinander. Diese Frage wurde inzwischen geklärt. Das OVG Lüneburg teilte dem Betreiber, dem NWK, am 24. April 1980 auf Anfrage mit, daß die aufschiebende Wirkung entfällt, wenn die beiden obengenannten Maßgaben (Zwischenlager-Antrag und Aufnahme der Probebohrungen) erfüllt sind, ohne daß es noch einer gerichtlichen Entscheidung bedarf. In der Tat waren mit der Stellung eines Antrags für das Brennelement-Zwischenlager in Ahaus und der Aufnahme der Probebohrungen in Gorleben die Auflagen des OVG erfüllt. Damit ist die NWK als Bauherr befugt, die bereits in der ersten TEG am 25. Oktober 1976 genehmigten Arbeiten durchzuführen. Die zuständige Landesregierung von Schleswig-Holstein erklärte dazu am 28. Mai 1980, zur Erfüllung des gesetzlichen Auftrags einer gesicherten Energieversorgung halte sie den Weiterbau für unbedingt erforderlich. Da das Verfahren für die zweite TEG noch mehrere Monate in Anspruch nehmen werde, sei mit einem baldigen Baubeginn aber noch nicht zu rechnen. Darüber zu entscheiden, obliege dem NWK. Nach ungewöhnlich harten politischen Auseinandersetzungen zwischen den Regierungs-

chefs von Schleswig-Holstein und von Hamburg, über die in diesem Buch an anderer Stelle berichtet wird, sind die Bauarbeiten am 6. Februar 1981 wieder aufgenommen worden. Hier sei nur bemerkt, daß der Baustopp von 1976 der NWK nach deren Angaben allein bis Ende 1979 mehr als 250 Mio DM effektiv gekostet hat.

Es ist nun noch im weiteren Rechtszuge zu entscheiden über die Klagen von vier Gemeinden und 260 Einzelklägern gegen die 1. TEG. Das VG Schleswig hat diese Klagen am 14. Dezember 1979 abgewiesen.

(6) *Kernkraftwerk Kalkar (SNR 300)*

Der schnelle natriumgekühlte Reaktor der 300 MW-Klasse nimmt, was die prozessualen Auseinandersetzungen um die Rechtmäßigkeit einer 1. TEG anbelangt, eine Sonderstellung ein.

Das VG Düsseldorf hatte mit Urteil vom 30. Oktober 1973 die Klage einer Privatperson gegen die am 18. Oktober 1972 erteilte 1. TEG aus Rechtsgründen ohne Beweisaufnahme abgewiesen. Nachdem der Kläger am 20. Februar 1974 gegen das Urteil Berufung eingelegt hatte, war das Verfahren vor dem OVG Münster anhängig. Da der Kläger, der inzwischen berühmt gewordene Landwirt J. Maas, trotz mehrfacher Fristverlängerung und auch nach wiederholter Aufforderung durch den Senat mit seiner Berufungsbegründung in Verzug blieb, wurde am 26. Juni 1977 Termin zur mündlichen Verhandlung anberaumt, wobei sich alle Prozeßbeteiligten auf eine Sachauseinandersetzung um die Vereinbarkeit der angefochtenen Genehmigung mit den Bestimmungen des Atomgesetzes einrichteten. Mit Schreiben des Senatsvorsitzenden vom 19. Juli 1977 wurden die Beteiligten zu ihrer Überraschung aber darauf aufmerksam gemacht, daß der Senat Bedenken gegen die Verfassungsmäßigkeit des einschlägigen § 7 AtG hege, soweit diese Vorschrift die Genehmigung nicht nur von herkömmlichen Kernkraftwerken, sondern auch von Schnellen Brutreaktoren ermögliche. Nach kursorischer Erörterung der aufgeworfenen verfassungsrechtlichen Fragen und gegen den Widerstand sämtlicher Prozeßbeteiligten faßte der Senat dann in der mündlichen Verhandlung am 18. August 1977 den bereits vorbereiteten Beschluß, das Verfahren gemäß Artikel 100 des Grundgesetzes auszusetzen und eine Entscheidung des Bundesverfassungsgerichts darüber einzuholen, ob § 7 AtG, soweit er die Genehmi-

gung von Kernkraftwerken des Typs Schneller Brüter ermöglicht, mit dem Grundgesetz vereinbar ist[100].

Zur Begründung führt das OVG aus, im Hinblick auf die Genehmigungsfähigkeit von Schnellen Brütern verstoße nach seiner Auffassung § 7 AtG gegen das Gewaltenteilungsprinzip, das Prinzip der parlamentarischen Demokratie und gegen das Rechtsstaatsprinzip. Dem Erfordernis parlamentarisch verankerter Leitentscheidungen für das Verwaltungshandeln genüge diese Vorschrift insofern nicht, als sie der Verwaltung die Möglichkeit einräume, Kernkraftwerke auch vom Typ des Schnellen Brüters zu genehmigen. Die außerordentlich weitreichende Bedeutung einer solchen Genehmigungsentscheidung für die Allgemeinheit erfordere eine konkretere als die vorhandene gesetzgeberische Vorgabe. Sonst läge es allein in der Hand der Exekutive, die Reichweite des atomrechtlichen Schutzzweckes zu determinieren. Die möglichen Folgewirkungen, Gefahren und irreversiblen Zwänge, die sich an den Bau Schneller Brüter knüpfen könnten, seien so gewichtig, daß die Verantwortung dafür allein vom Gesetzgeber getragen werden könne. Diese sich möglicherweise ergebenden Sachzwänge seien in einem solch geringen Maße kalkulierbar und für den einzelnen Bürger, in dessen Existenz sie gegebenenfalls gravierend eingriffen, so wenig vorhersehbar, daß die Frage, ob diese Zwänge in Kauf genommen werden sollen, allein in einem gegenüber dem bisherigen Rechtszustand konkreteren förmlichen Gesetz zu entscheiden sei. Das in diesem Sinne konkretisierungsbedürftige Gesetz sei das Atomgesetz selbst. Nur durch eine präzisere Ausgestal-

[100] Zu einer großen Demonstration gegen den SNR-300 hatte der Bundesverband Bürgerinitiativen Umweltschutz am 24. September 1977 in Kalkar aufgerufen. Etwa 40000 Teilnehmer aus acht Ländern fanden sich in Kalkar ein. Die Kundgebung in Kalkar selbst nahm einen friedlichen Verlauf. Am Nachmittag setzten sich 25000 Kernkraftgegner in Marsch und zogen nicht auf dem genehmigten Weg, sondern direkt zur Baustelle auf die Wiese des Bauern Maas. Kleinere Verstöße von seiten der Demonstranten wurden von der Polizei toleriert, es kam zu keinen größeren Zusammenstößen. Die Polizei hatte nahezu lückenlose Kontrollen über das ganze Bundesgebiet gezogen, um den Anmarsch auf Kalkar zu überwachen. Es wurden ca. 147000 Personen und über 74000 Fahrzeuge überprüft. Dabei beschlagnahmte die Polizei 8230 waffenähnliche Gegenstände. Es kam zu 141 Festnahmen. Im Raum Kalkar selbst waren ca. 8000 Beamte der Bereitschaftspolizei, 4 Einsatzhundertschaften des BGS, Bahnpolizisten wie auch Vertreter der niederländischen Rijkspolitie im Einsatz. Für 10 Mio Mark war ein 2 km langer und 2,50 Meter hoher Betonzaun mit Wassergraben errichtet worden. Die Kosten der Demonstration werden auf über 13 Mio Mark veranschlagt (s. auch S. 348f.).

tung der darin enthaltenen Genehmigungsvorschrift könne der Gesetzgeber dem rechtsstaatlichen Gebot der hinreichenden Bestimmtheit genügen. Da es hieran, insbesondere an hinreichend präzisen gesetzgeberischen Vorgaben fehle, sei die Entscheidung über die Einführung der Brütertechnologie und ihre weitere Entwicklung gänzlich der Exekutive überantwortet. Dies stehe im Widerspruch zu dem verfassungsrechtlich verankerten Kompetenzzuweisungssystem.

Der Zweite Senat des Bundesverfassungsgerichts – BVerfG – hat diese Vorlage unerwartet klar durch die Feststellung erledigt, § 7 AtG ermächtige auch zur Genehmigung von Schnellen Brütern. Dem »Kalkar-Beschluß« vom 8. August 1978 (2 BvL 8/77) zur Verfassungsgemäßheit des § 7 AtG nach Art. 19 und 20 GG sind die folgenden im Zusammenhang dieser Darstellung interessierenden Leitsätze vorangestellt (Überschriften vom Verfasser):

1. Kein allumfassender Vorrang des Parlaments. Aus dem Grundsatz der parlamentarischen Demokratie darf nicht ein Vorrang des Parlaments und seiner Entscheidungen gegenüber den anderen Gewalten als ein alle konkreten Kompetenzzuordnungen überspielender Auslegungsgrundsatz hergeleitet werden.

2. Kein Verstoß gegen das Erfordernis hinreichender Bestimmtheit. Hat der Gesetzgeber eine Entscheidung getroffen, deren Grundlage durch neue, im Zeitpunkt des Gesetzerlasses noch nicht abzusehende Entwicklungen entscheidend in Frage gestellt wird, kann er von Verfassungs wegen gehalten sein zu überprüfen, ob die ursprüngliche Entscheidung auch unter den veränderten Umständen aufrechtzuerhalten ist.

3. Keine Entlassung der politischen Organe aus der Verantwortung; die Gerichte können deren Aufgaben nicht übernehmen. In einer notwendigerweise mit Ungewißheit belasteten Situation liegt es zuvorderst in der politischen Verantwortung des Gesetzgebers und der Regierung, im Rahmen ihrer jeweiligen Kompetenzen die von ihnen für zweckmäßig erachteten Entscheidungen zu treffen. Bei dieser Sachlage ist es nicht Aufgabe der Gerichte, mit ihrer Einschätzung an die Stelle der dazu berufenen politischen Organe zu treten, denn insoweit ermangelt es rechtlicher Maßstäbe.

4. Keine Verletzung von Grundrechten; keine absolute Sicherheit. Vom Gesetzgeber im Hinblick auf seine Schutzpflicht eine Regelung zu fordern, die mit absoluter Sicherheit Grundrechtsgefährdungen ausschließt, die aus der Zulassung technischer Anlagen und ihrem Betrieb möglicherweise entstehen können, hieße die Grenzen menschlichen Erkenntnisvermögens verkennen und würde weiterhin jede staatliche Zulassung der Nutzung von Technik verbannen. Für die Gestaltung der Sozialordnung muß es insoweit bei Abschätzungen anhand praktischer Vernunft bewenden. Ungewißheiten jenseits dieser Schwelle praktischer Vernunft sind unentrinnbar und insofern als sozialadäquate Lasten von allen Bürgern zu tragen.

Bereits vor der Entscheidung des BVerfG hatte am 16. Juni 1978 das OVG Münster den von dem Bauern J. Maas gestellten Antrag auf sofortige Einstellung der Bauarbeiten mangels Rechtsschutzinteresse abgelehnt. Das Gericht stellte dazu fest, daß diese Entscheidung nur die angefochtene 1. TEG beträfe und die Entscheidungen über die weiteren Teilerrichtungsgenehmigungen nicht präjudiziere. Wegen der 2. TEG verwies das OVG auf die erste Instanz, bei der dieserhalb eine weitere Klage des Antragstellers anhängig sei.

5.6.3 »Entsorgungsvorsorge« als Genehmigungsvoraussetzung

(1) Nach § 9a Abs. 1 AtG hat derjenige, der Kernkraftwerke errichtet, betreibt, sonst innehat, wesentlich verändert, stillegt oder beseitigt, dafür zu sorgen, daß anfallende radioaktive Reststoffe, insbesondere bestrahlte Brennelemente, schadlos verwertet oder, soweit dies nach dem Stand der Wissenschaft und Technik nicht möglich ist, wirtschaftlich nicht vertretbar oder mit der Zweckbestimmung des AtG (§ 1) unvereinbar ist, als radioaktive Abfälle geordnet beseitigt werden. Dies wird rechtlich verpflichtend sichergestellt durch die »Grundsätze zur Entsorgungsvorsorge für Kernkraftwerke«, die insoweit eine Ermessensbindung gegenüber den Behörden bei der Entscheidung über Genehmigungsanträge bewirken.

(2) Die Möglichkeiten der Entsorgung und die Rechtfertigung der Entsorgungsvorsorge unter dem Aspekt des Strahlenschutzes, des sicheren Betriebs von Kernenergieanlagen, der Verhinderung einer Verbreitung von Kernwaffen und der Minimierung des Bedarfs an Kernbrennstoffen sind an anderen Stellen dieses Buches untersucht und gewürdigt worden. Hier han-

delt es sich allein um die Verknüpfung der Entsorgungsvorsorge mit dem Genehmigungsverfahren für Kernkraftwerke.

In der Folge der Entscheidung der niedersächsischen Landesregierung vom 16. Mai 1979 (das Entsorgungszentrum in Gorleben ist sicherheitstechnisch realisierbar, politisch aber nicht durchsetzbar), wurde die letzthin geltende Fassung der Grundsätze zur Entsorgungsvorsorge für Kernkraftwerke zwischen der Bundesregierung und den Ministerpräsidenten der Länder am 28. September 1979 beraten und am 29. Februar 1980 verabschiedet. Im Vergleich zu den bis dahin in Geltung gewesenen Grundsätzen vom 6. Mai 1977 sind die neuen Grundsätze schon deshalb weniger streng, weil nicht mehr davon ausgegangen werden kann, daß in Gorleben ein »integriertes Entsorgungszentrum« errichtet wird (vgl. S. 651 ff.).

(3) In dem hier relevanten Zusammenhang ist vor allem von Bedeutung, daß den alten und den neuen Entsorgungsgrundsätzen nur die Qualität einer Richtlinie für die Interpretation des erwähnten § 9a des Atomgesetzes zukommt, der die Behörden zu binden vermag, nicht aber die Gerichte. Wie dies bereits das OVG Lüneburg am 17. Oktober 1977 getan hat, können die Gerichte abweichend von den Grundsätzen bestimmen, wie für die Entsorgung vorzusorgen ist. Deren Entscheidungen bleiben abzuwarten.

(4) In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß die durch die Verzögerung der Wiederaufarbeitung erforderlich gewordenen Genehmigungen zwischenzeitlicher Kompaktlagerung der abgebrannten Brennelemente vor Verwaltungsgerichten angegriffen wurden. In dem weitaus wichtigsten Fall – Biblis – hatte das VG Darmstadt am 5. März 1980 den sofortigen Vollzug der Genehmigung im Eilverfahren außer Kraft gesetzt. Die nächste Instanz, der VGH in Kassel, hat diese Entscheidung dann aber am 18. Juli 1980 wieder aufgehoben, d.h. die Kompaktlagerung bis zu einer Entscheidung über die Hauptsache wieder zugelassen.

5.6.4 Standortvorsorge

Die bei der Genehmigung von Standorten für Kernenergieanlagen aufgetretenen vielfältigen Schwierigkeiten, insbesondere aber auch die eingetretenen Verzögerungen, haben zu Plänen für eine systematische *Standortvorsorge* geführt. In Baden-Württemberg sind z.B., wie Wirtschaftsminister R. Eberle am

28. November 1973 im Landtag berichtete, von 40 für Kernkraftwerke in Betracht kommenden Standorten (einschließlich der bisher bereits genutzten) unter den Aspekten Raumordnung, Luftreinerhaltung, Strahlenschutz, Wasserwirtschaft, Natur- und Landschaftsschutz, störende Anlagen in der Nachbarschaft und Klima 19 Standorte als grundsätzlich geeignet für die Neuerrichtung oder den Ausbau eines Kernkraftwerks oder eines herkömmlichen Wärmekraftwerks befunden worden. Die Landesregierung hat diesen Standortplan am 13. Mai 1974 verabschiedet. Der im November 1976 vorgelegte Entwurf des Landesentwicklungsplanes VI von Nordrhein-Westfalen bezeichnet 13 Standorte für den Bau von Kernkraftwerken – vornehmlich am Niederrhein. In dem von der Bayerischen Landesregierung im Sommer 1978 verabschiedeten Standortsicherungsplan für Wärmekraftwerke sind 7 Standorte für Kernkraftwerke vorgesehen. Der hessische Wirtschaftsminister H. Karry legte seinem Landtag am 28. August 1979 einen Standortvorsorgeplan mit Standorten für 12 neue Kraftwerke vor, ohne daß hiermit konkrete Planungen oder auch nur eine Festlegung verbunden ist, ob an diesen Standorten jeweils ein herkömmliches Wärmekraftwerk oder ein Kernkraftwerk errichtet werden könnte. Im fortgeschriebenen Landesraumordnungsprogramm für Niedersachsen, das der Innenminister Möcklinghoff am 4. Juli 1980 vorlegte, sind neun Standorte genannt, die für den Neubau von Kohle- oder Kernkraftwerken in Betracht kommen.

Auch das Vierte Atomprogramm der Bundesrepublik spricht sich für eine Standortvorsorge aus. Diese soll »eine vom Termindruck entkoppelte Abwicklung von Gutachten und öffentlichen Einwänden erlauben und die Gesamtzeit von der Planung bis zur Inbetriebnahme von Kernkraftwerken deutlich verkürzen«. Auf dieser Grundlage vereinbarte das Bundesministerium des Innern mit den zuständigen Länderbehörden im Oktober 1975, bei der langfristigen Standortvorsorge künftig einheitliche Bewertungskriterien anzuwenden für Energiebedarf und Wirtschaftlichkeit, Raumordnung und Landesentwicklung, nukleare Sicherheit und Strahlenschutz, Umweltschutz, Wasserversorgung usw.

Weiter geht der Vorschlag, ein *Standortplanfestsetzungsverfahren* einzuführen. W. Rinke führt zu diesem Vorschlag aus[90], die überwiegende Mehrzahl aller Einwände gegen neue Kraftwerke bezögen sich auf den Standort. Es sei daher zu empfeh-

len, die Standortentscheidung von den übrigen Anlagegenehmigungsverfahren abzukoppeln. Dies wäre möglich durch die Einführung eines Standortplanfeststellungsverfahrens, in dessen Rahmen über den Standort nach den einschlägigen Rechtsvorschriften verbindlich entschieden werde. Einwendungen gegen diesen Standort wären dann in dem daran anschließenden weiteren Genehmigungsverfahren nicht mehr zu berücksichtigen.

Bemühungen, um im Rahmen der Europäischen Gemeinschaft zu einheitlichen Standortregelungen zu gelangen, sind bislang nicht weit gediehen und nach Lage der Dinge derzeit wenig aussichtsreich.

5.6.5 Zusammenfassende Würdigung

(1) Die Problematik der Genehmigungsverfahren steht im Zusammenhang mit der zunehmenden Erschwerung unserer Versorgung mit Energie. Es ist daher verständlich, daß so lange, wie die Kernenergie nicht grundsätzlich in Frage gestellt war, d.h. etwa bis zur Mitte der 70er Jahre, Bereitschaft bestand, diese Verfahren zu straffen. So kündigt das Vierte Atomprogramm der Bundesrepublik an: »Im Rahmen der Überlegungen der Novellierung des Atomgesetzes und des Energiewirtschaftsgesetzes werden die Möglichkeiten zur stärkeren Koordinierung der verschiedenen Genehmigungsverfahren, z.B. des Wasser-, Energiewirtschafts-, Bau-, Natur- und Landschaftsschutzrechts sowie des allgemeinen Immissionsschutzrechtes, mit den Verfahren des Atomrechts geprüft werden. Im Hinblick auf die steigende Bedeutung, die einer Beschleunigung des Genehmigungsverfahrens beigemessen wird, sollen auch die Vorschriften über nachträgliche Auflagen ... geändert und der Lage in anderen Rechtsgebieten in einer Weise angeglichen werden, die dem Verursachungsprinzip stärker Rechnung trägt.« Der damalige Bundeskanzler W. Brandt unterstrich diese Sorge in seiner Rede vor der Belegschaft der BASF am 3. Dezember 1973: »Auch mit der Nutzung der Atomenergie müssen wir, rascher als bisher geplant, vorankommen. Und deshalb muß über Genehmigungen – dies gilt übrigens auch für Kraftwerke konventioneller Art – rascher entschieden werden. Bürokratische Langatmigkeit, wie wir sie vielfach erlebt haben, können wir uns nicht mehr leisten. Prüfungsverfahren für solche Projekte dürfen nicht in die Länge gezogen, sondern sie müssen zügig durchgeführt werden – und zwar: ohne gewichtige Be-

denken über Umweltschutz vom Tisch zu wischen.« In der Regierungserklärung des Bundeskanzlers H. Schmidt vom 17. Mai 1974 vor dem Deutschen Bundestag hieß es in Punkt 63: »Beim Bau neuer Kraftwerke müssen die berechtigten Forderungen des Umweltschutzes berücksichtigt werden, ohne daß es zu Verzögerungen kommt, die sachlich nicht geboten sind.« Auch in der Folgezeit, so in ihrer Antwort vom 16. Juli 1975 auf eine Große Anfrage der SPD und der FDP, hat die Bundesregierung immer wieder gefordert, daß die Genehmigungsverfahren für den Bau von Kernkraftwerken gestrafft, präzisiert und beschleunigt werden. Der Erfolg blieb diesem Drängen damals versagt. Die Erfolgschancen der von der Bundesregierung im Herbst 1980 und im Herbst 1981 erneut aufgenommenen Initiative zur Straffung des Genehmigungsverfahrens können noch nicht beurteilt werden.

(2) Die in den Kriterien und Verfahrensregeln für die Genehmigung von Kernenergieanlagen zum Ausdruck kommende Vorsorge des Staates zur Sicherung der Umwelt muß gesehen werden in dem Rahmen des permanenten Zielkonflikts zwischen dem Streben nach sicherer Energieversorgung und dem Streben nach optimaler Umwelt. Dieser Konflikt kann nicht einfach gelöst werden durch sicherlich einleuchtende und von jedermann akzeptierte aber letzlich nichtssagende Postulate wie »Sicherheit geht vor Wirtschaftlichkeit« oder noch griffiger »Menschenleben sind wichtiger als Lichter« (G. Hartkopf). Erforderlich sind sachbegründete Entscheidungen, die die Konsequenzen der Verwirklichung jedes der beiden Ziele gegeneinander abwägen. Da die essentiellen energiewirtschaftlichen Entscheidungen Investitionsentscheidungen sind, muß diese Abwägung im Rahmen einer mittel- und langfristigen Vorausschau vorgenommen werden, d.h. über einen Zeithorizont, der die wirtschaftliche Lebensdauer der Anlagen, über deren Bau zu entscheiden ist, abdeckt.

Die Schwierigkeit der Kontroverse sichere Energieversorgung versus optimale Umwelt liegt in dem Fehlen gemeinsamer Maßstäbe. Zwar können energiewirtschaftliche Investitionsentscheidungen auf der Grundlage letztbekannter technisch-ökonomischer Daten mit den Methoden moderner Cost-Benefit-Analysen einigermaßen exakt determiniert werden (ob sich solche Entscheidungen im Lichte der tatsächlichen Entwicklung später als richtig erweisen, ist eine andere Frage). Dagegen läßt sich die Umweltfreundlichkeit oder -feindlichkeit kaum quanti-

fizieren. Zudem wirken Umweltbelastungen oder Umweltverbesserungen auf die Investitionsentscheidungen der Unternehmen nicht unmittelbar ein, sondern transponiert, nämlich über die Verhaltens- und Handlungsanweisungen, die sich ableiten aus den allgemein zu beachtenden Sicherheits- und Umweltschutz-Vorschriften und den Auflagen der für den Bau und Betrieb der Anlagen zuständigen Genehmigungsbehörden. Diese Behörden sind aber nicht berufen, den aus ihren Entscheidungen sich ergebenden Vorteil an Sicherheit und Umweltverträglichkeit abzuwägen gegen die finanziellen Folgen für das betroffene Unternehmen und die wirtschaftlichen Folgen für die zukünftige Energieversorgung. Sie sind ausgerichtet auf die autonome Anwendung vorgegebener, weitgehend interpretationsfähiger Kriterien. Die Behörden und Sachverständigengremien werden zudem durch Mobilisierung der öffentlichen Meinung häufig verunsichert und dadurch im Zweifel eher veranlaßt, weitere gutachtliche Stellungnahmen einzuholen als unverzüglich zu entscheiden.

(3) Der gegenwärtige Genehmigungsstatus für Kernenergieanlagen kann durch die folgenden fünf Aussagen gekennzeichnet werden:

(a) Die Nutzung der Kernenergie ist mit dem Grundgesetz zu vereinbaren. Der Erste Senat des Bundesverfassungsgerichts hat dies mit seinem Beschluß vom 20. Dezember 1979 – 1 BvR 385/77 – auf eine Verfassungsbeschwerde gegen einen Beschluß des OVG Rheinland-Pfalz in Sachen Mülheim/Kärlich ausdrücklich bestätigt. Der Senat weist aber darauf hin, daß ein Grundrecht auch dann verletzt sein könne, wenn die Genehmigungsbehörde solche atomrechtlichen Verfahrensvorschriften außer Betracht läßt, die der Staat in Erfüllung seiner aus dem Grundgesetz folgenden Schutzpflicht erlassen hat. Es ist noch nicht abzusehen, ob und in welcher Form diese höchstrichterliche Entscheidung Genehmigungsverfahren in Zukunft beeinflussen wird. Andererseits, so hat das Bundesverwaltungsgericht wiederholt – zuletzt mit seinem Urteil vom 22. Dezember 1980 in der Sache des Kernkraftwerks Stade – festgestellt, ist das Recht des Klägers zur Klage gegen Genehmigungsbescheide für Kernkraftwerke nicht unwesentlich eingeschränkt. Zur Klage ist nur berechtigt, wer eine »Verletzung von eigenen Rechten« geltend macht, »eine bloß tatsächliche Betroffenheit« reicht nicht aus. Die einschlägigen Rechtsvorschriften enthalten nicht ein Recht jedes einzelnen, »vor jedweder von einem Kern-

kraftwerk ausgehenden ionisierenden Strahlung geschützt« zu sein.

(b) Es liegen inzwischen mehrere Urteile von Verwaltungsgerichten vor, die sich nicht darauf beschränken, nach summarischer Prüfung des Sachverhalts über vorläufigen Rechtsschutz im Eilverfahren zu entscheiden, sondern nach ausführlicher Beweisaufnahme umfassend und abschließend zu urteilen. (Zahlreiche verwaltungsrechtliche Entscheidungen betreffen nur prozessuale Fragen, wie die Zulässigkeit von Rechtsmitteln oder Probleme der Ermessensausübung. Diese Entscheidungen interessieren hier nicht.) Sachliche Würdigungen der bezeichneten Art enthalten vor allen die folgenden Beschlüsse oder Urteile[101].

- OVG Münster am 20. Februar 1975 über Würgassen;
- VG Freiburg am 14. März 1977 über Wyhl;
- VG Würzburg am 25. März 1977 über Grafenrheinfeld;
- VG Oldenburg am 15. September 1977 über Esensham;
- OVG Lüneburg am 17. Oktober 1977 über Brokdorf;
- VG Karlsruhe am 18. August 1978 über Philippsburg;
- OVG Lüneburg am 22. Dezember 1978 über Krümmel;
- VG Schleswig am 14. Dezember 1979 über Brokdorf

Die Kernenergiebefürworter registrieren mit Befriedigung, daß diese Entscheidungen bis hin zu dem bemerkenswerten Urteil des VG Schleswig vom 14. Dezember 1979 im Trend den Betreibern recht geben, d. h. die Auffassung bestätigen, daß die Kernenergie zwar riskant ist, diese Risiken aber tragbar sind. Andererseits darf nicht verkannt werden, daß die Mehrzahl der Verfahren keineswegs abgeschlossen ist, Überraschungen daher nicht ausgeschlossen werden können. Zu Recht weist die KWU darauf hin, daß von den 15 Anfang 1980 mit Betriebsgenehmigungen ausgestatteten Kernkraftwerken keines und von den 10 in Errichtung befindlichen Projekten mit wenigstens einer Teilerrichtungsgenehmigung nur eines (Wyhl) durch Gerichtsentscheidung behindert ist. Gegen zahlreiche in Betrieb befindlichen und fast alle im Bau befindlichen Kraftwerke sind aber Klagen anhängig.

(c) Die atomrechtlichen Genehmigungsverfahren dauern immer länger. Das Bundesministerium des Innern nannte im Juli 1979 in der Antwort auf eine parlamentarische Anfrage folgen-

[101] Vgl. D. Rauschning, Standort und Sicherheit von Kernenergieanlagen, Vortrag in Karlsruhe am 1. 12. 1978.

de Zeitspannen zwischen der Antragstellung nach § 7 AtG und der ersten Kritikalität (Angaben in Jahren):

MZFR	4,25	Obrigheim	4,15
Lingen	4,3	Stade	4,3
Würgassen	4,25	Philippsburg I	9,4
Biblis A	5,1	Neckarwestheim I	5,15
Brunsbüttel	6,6	Biblis B	4,8
Esenshamm	7,4	Ohu	6,3
Gundremmingen	4,1		

Diese Liste enthält nicht die damals noch nicht kritischen Kernkraftwerke, für die sich im ganzen nicht unwesentliche längere Genehmigungszeiten ergeben werden als der Durchschnitt von 5,4 Jahren, die sich für die bereits kritischen Kernkraftwerke errechnen. Im Frühjahr 1980 standen die Genehmigungen für neun Kernkraftwerke mit insgesamt 11000 MWe aus, obwohl die Anträge zu einem Teil bereits vor mehreren Jahren gestellt wurden. W. Rinke hat festgestellt (Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 11–12/80, S. 836), daß sich für Kohlekraftwerke (Kohle) und für Kernkraftwerke (Kern) die Genehmigungs- und Bauzeiten von 4,2 (Kohle) bzw. 6,0 Jahren (Kern) für die in Betrieb befindlichen Kraftwerke auf – wenigstens – 8,5 (Kohle) bzw. 11,3 Jahre (Kern) für die im Bau befindlichen Kraftwerke erhöhen werden[102].

Die gegenüber den ursprünglichen Vorstellungen niedrigen Zuwachsraten des Elektrizitätsverbrauchs haben dazu geführt, daß gleichwohl kein Versorgungsengpaß eingetreten ist. Bei termingemäßem Fortgang der Verfahren ist das auch für die Zukunft nicht zu erwarten. Dabei ist zu bedenken, daß bis etwa 1985 zehn derzeit noch in Bau befindliche Kernkraftwerke fertiggestellt werden könnten. Weitere zehn Kernkraftwerke sind nach derzeitigen Vorstellungen für eine Fertigstellung zwischen 1985 und 1990 vorgesehen.

(d) Offen ist nach wie vor die Absicherung der Entsorgungsvorsorge durch die Rechtsprechung.

(e) Eine Straffung der Genehmigungsverfahren tut vor allem deshalb not, weil die verfahrensbedingten, aber zu einem Teil vermeidbaren Verzögerungen im Bau und bei der Inbetriebnahme von Kernkraftwerken der Elektrizitätswirtschaft und damit dem Stromverbraucher, d.h. letztlich der Volkswirtschaft au-

[102] Der Vorstandssprecher der Bergbau AG Niederrhein H. Weber teilt am 17. September 1979 mit, zurzeit warten Anträge für den Bau von 17400 MWe Steinkohle – und von 18000 MWe Kernkraftleistung auf ihre Genehmigung.

ßerordentlich hohe Zusatzkosten verursachen. Sachkundige Vorschläge liegen ausreichend vor. Hinzu kommt, daß die Investitionsbereitschaft der zur Sicherung der Energieversorgung berufenen Wirtschaftszweige nachhaltig und mit unabsehbaren Folgen beeinträchtigt wird[103].

5.7 Versicherung und Haftung

Die Betreiber von Kernenergieanlagen versichern sich in aller Regel gegen die mit dem Betrieb dieser Anlagen verbundenen vielfältigen Risiken. Derartige Versicherungen sind möglich gegen Schäden in den Anlagen (Sachschädenversicherung), Strahlenunfälle des Bedienungspersonals, Haftpflichtansprüche im Falle von Schäden Dritter (Haftpflichtversicherung), ferner für die Beförderung von Kernbrennstoffen und gegen Haftpflichtansprüche aus dem Betrieb von Reaktorschiffen. Die Versicherungsprämien halten sich in Grenzen. Die sogenannte Vollversicherung eines Kernkraftwerks, die die Feuer-, Maschinen- und Haftpflichtversicherung aus nuklear bedingten Schäden umfaßt, kostet für ein Kernkraftwerk von 1200 MWe nur etwa 6 DM/kW·a, liegt also in der Größenordnung von 1,5% der Stromerzeugungskosten. Das Prämienvolumen der in der Deutschen Kernreaktor-Versicherungsgemeinschaft (DKVG) zusammengeschlossenen 115 Mitgliedsfirmen erreichte 1979 59 Mio DM. Von den Nettoprämien in Höhe von 40,7 Mio DM entfielen 75% auf die Sachversicherung und 25% auf die Haftpflichtversicherung. Per 1. Januar 1980 wird die Kapazität der DKVG für die Sachversicherung mit 269 Mio DM und für die Haftpflichtversicherung mit 147 Mio DM angegeben.

5.7.1 Haftung bei Schäden Dritter und Haftpflichtversicherung

Nach § 7 des Atomgesetzes darf der Betrieb einer Kernenergieanlage nur genehmigt werden, wenn die Erfüllung der gesetzlichen Schadensersatzverpflichtungen gesichert ist. Die Deckungssumme, d.h. der Betrag bis zu welchem der Versicherer haftet, wird von der Genehmigungsbehörde festgesetzt. Nach der Atomrechtlichen Deckungsvorsorge-Verordnung

[103] Vgl. W. Rinke, Mehr Rechtssicherheit bei Investitionen, Deutsches Allgemeines Sonntagsblatt v. 15. 6. 1980.

(AtDeckV) vom 25. Januar 1977 richtet sich dieser Betrag nach der Reaktorleistung und der Bevölkerungsdichte. Der Anlageninhaber kann derzeit einen Versicherungsschutz bis zu etwa 500 Mio DM auf dem Versicherungsmarkt erhalten (Obergrenze nach § 9 der Atomrechtlichen Deckungsvorsorge-Verordnung vom 25. Januar 1977: 500 Mio DM für Kernkraftwerke mit einer Dauerleistung von wenigstens 496 MW_{th}). Übersteigt der Anspruch diesen Betrag, so tritt der Fiskus ein bis zu einem auf 1 Mrd DM begrenzten Höchstbetrag.

Vorbild für diese Regelung ist der amerikanische Price Anderson Act, der bestimmt, daß die Betreiber von Kernenergieanlagen sich bei einem der beiden amerikanischen Versicherungspools NELPIA (Nuclear Energy Liability/Property Insurance Assn), jetzt ANI (American Nuclear Insurers), und MAELU (Mutual Atomic Energy Liability Underwriters) zur Erfüllung etwaiger Schadensersatzverpflichtungen aus dem Betrieb einer Kernenergieanlage so hoch wie nur möglich versichern müssen. Dies sind seit dem 1. Mai 1979 160 Mio Dollar (1965 noch 60 Mio Dollar). Übersteigt die aus einem Versicherungsfall sich ergebende Verpflichtung diesen Betrag, so stellt die amerikanische Regierung als »Indemnity« eine zusätzliche Deckungssumme bis 400 Mio Dollar bereit, so daß sich insgesamt maximal 560 Mio Dollar je Unfall ergeben[104]. Der bis zum 1. August 1987 gültige Price Anderson Act sieht in der jetzigen Fassung vor, daß an der Höchsthaftung von 560 Mio Dollar festgehalten wird, dabei aber die private Deckungssumme allmählich steigt und die Staatshaftung in den achtziger Jahren entfällt.

Für die Haftpflicht auf dem Gebiet der Kernenergie gilt der Grundsatz der Gefährdungshaftung. Ähnlich wie ein Kraftfahrzeughalter oder eine Fluggesellschaft ist der Betreiber eines Kernkraftwerks bis zu dem durch die Deckungssumme bestimmten Höchstbetrag für alle von seiner Anlage ausgehenden Schäden haftbar, ohne daß er einen Entlastungsbeweis für seine Unschuld führen kann. Ein Regreß des Betreibers gegen den Verursacher ist aber statthaft.

[104] Vorübergehend war in den USA durch ein Urteil des District Court für den westlichen District von North Carolina Unruhe entstanden. Dieses Gericht erklärte am 31. März 1977 den Price Anderson Act insoweit für verfassungswidrig, als er die Haftung auf 560 Mio Dollar begrenzt. Der Supreme Court der USA hat diese Entscheidung am 26. Juni 1978 wieder aufgehoben, d. h. die Verfassungsgemäßheit des Price Anderson Act uneingeschränkt bejaht.

5.7.2 Die internationalen Konventionen über Versicherung und Haftung

(1) Die Probleme der Haftung und Versicherung auf dem Gebiet der Kernenergie sind aus drei Gründen nur wenig mit den entsprechenden Problemen für andere Bereiche vergleichbar:

- Die *Wahrscheinlichkeit* des Eintritts eines Schadens, vornehmlich eines größeren Schadens durch radioaktive Strahlen, ist sowohl wegen der sicheren Auslegung der Kernenergieanlagen als auch aufgrund bisher gewonnener Erfahrungen außerordentlich gering. Wegen der niedrigen Häufigkeit ist daher eine Kalkulation des Risikos nach dem Theorem von Bernoulli (Jakob Bernoulli 1654–1705), dem Gesetz der großen Zahl, praktisch nicht möglich.
- Die *Haftungssumme* kann hoch sein. Sie kann im Falle einer weitreichenden radioaktiven Verseuchung der Umgebung selbst die Leistungsfähigkeit einer großen Versicherungsgesellschaft übersteigen. Es liegt daher nahe, Rückversicherungen abzuschließen.
- Eine etwaige durch den Unfall einer Kernenergieanlage ausgelöste Schädigung der Umgebung macht an den *Staatsgrenzen* nicht halt.

Aus diesen drei Gründen war man schon frühzeitig – nämlich seit dem Ende der 50er Jahre – bemüht, internationale Regelungen zustande zu bringen, die die Grundsätze der Haftung und Versicherung auf dem Kernenergiegebiet vereinheitlichen und damit auch die Grundlage für einen leistungsfähigen internationalen Versicherungsmarkt schaffen.

(2) Das Prinzip der *Gefährdungshaftung* ist international durch das Pariser Übereinkommen über die Haftung gegenüber Dritten auf dem Gebiet der Kernenergie – die Pariser Konvention – vom 29. Juli 1960 geregelt. Sie bestimmt:

- Ähnlich wie im Warschauer Abkommen für den Flugverkehr haftet bei Kernunfällen der Inhaber der Kernenergieanlage, gleichgültig ob ihn ein Verschulden trifft oder nicht. Der Schadensersatz ist damit in jedem Fall gesichert. Ausgeschlossen sind Ansprüche aufgrund nuklearer Ereignisse, die durch einen bewaffneten Konflikt, eine feindselige Handlung, einen Aufstand oder eine außergewöhnliche Naturkatastrophe verursacht wurden (Art. 9 der Konvention).
- Der Anlageninhaber muß eine Versicherung abschließen oder eine finanzielle Garantie erbringen, die sicherstellt, daß der Er-

satzpflichtige seinen Haftungsverpflichtungen in jedem Fall nachkommen kann.

(3) Die Bedingungen, nach welchen der Fiskus in den Fällen von Schäden, die durch die Versicherung nicht gedeckt sind, eintreten soll, sind durch das Brüsseler Zusatzübereinkommen vom 31. Januar 1963 zum Pariser Übereinkommen über die Haftung auf dem Gebiet der Kernenergie – die sogenannte Brüsseler Konvention – geregelt. Dieses Übereinkommen sieht vor, daß die Betreiber von Kernenergieanlagen sich bis zu einer Summe selbst versichern, die nach nationaler Regelung zwischen 5 und 15 Mio RE (Rechnungseinheiten) liegen soll. (Seitdem das Europäische Währungssystem in Kraft getreten ist, gilt stattdessen die »ERE« – Europäische Rechnungseinheit auch ECU – mit einem Kurs im April 1981 von 1 ERE ≅ 2,50 DM). Übersteigt der Schaden den durch Versicherung gedeckten Betrag, so haftet für den nicht gedeckten Teil bis zu einer Summe von 70 Mio ERE der Staat, in welchem die Anlage betrieben wird. Bei Schäden zwischen 70 und 120 Mio ERE soll der 70 Mio ERE übersteigende Betrag durch die Gesamtheit der Unterzeichnerstaaten nach einem durch das Sozialprodukt und die installierte nukleare Leistung bestimmten Schlüssel aufgebracht werden[105].

(4) Diesen beiden inzwischen in Kraft getretenen Konventionen ist die Mehrzahl der westeuropäischen Industrieländer beigetreten oder beabsichtigt dies zu tun. Stand Dezember 1979: Pariser Konvention (in Kraft seit April 1968) von 16 Ländern ratifiziert bzw. unterzeichnet[106], Brüsseler Konvention (in Kraft seit Dezember 1974) von zehn Ländern ratifiziert bzw. unterzeichnet[107].

(5) Am 17. September 1971 wurde in Brüssel eine ähnliche, erst am 15. Juli 1975 in Kraft getretene Konvention über die zivilrechtliche Haftung bei *Seetransporten von Kernmaterial* abgeschlossen. Im Falle von Schäden bei Kerntransporten stellt sie den Reeder von der Haftung nach internationalem Seerecht frei und verweist in solchen Fällen auf die Gefährdungshaftung

[105] Man hat sich inzwischen geeinigt, diese Beträge auf das 2,5-fache zu erhöhen, um der inzwischen eingetretenen Verschlechterung des Geldwertes Rechnung zu tragen. Im Höchstfalle ergäben sich dann 750 Mio DM.

[106] Insbesondere Belgien, Dänemark, Finnland, Frankreich, Griechenland, Großbritannien, Italien, Niederlande, Norwegen, Portugal, Schweden, Spanien, die Türkei sowie die Bundesrepublik Deutschland.

[107] Insbesondere Dänemark, Frankreich, Großbritannien, Niederlande, Norwegen, Portugal, Schweden, Spanien und die Bundesrepublik Deutschland.

nach der Pariser und Brüsseler Konvention. Die Konvention ist für die Bundesrepublik mit Wirkung vom 30. Dezember 1975 in Kraft getreten. Sie gilt gleichfalls in Dänemark, Frankreich, Norwegen, Schweden und Spanien.

(6) Die Haftung der Inhaber von *Reaktorschiffen* für nukleare Schäden soll die am 25. Mai 1962 unterzeichnete Brüsseler Reaktorschiff-Haftungskonvention regeln. Da diese Konvention noch nicht in Kraft getreten ist, wurden für die Nuklearschiffe ›Savannah‹ und ›Otto Hahn‹ zahlreiche bilaterale Verträge mit Ländern abgeschlossen, deren Häfen diese Schiffe angelaufen haben. Die Außerdienststellung dieser beiden Schiffe hat dieses Problem erledigt; ob vorläufig oder endgültig, soll hier nicht erörtert werden.

5.7.3 Der Beitritt der Bundesrepublik zu den internationalen Konventionen

Die Bundesregierung hat erst am 30. September 1975 die Pariser und die Brüsseler Konvention ratifiziert. Die Pariser Konvention erlangte mit diesem Tage und die Brüsseler Konvention mit dem 1. Januar 1976 in der Bundesrepublik Rechtskraft. Hauptgrund für die Verzögerung waren Bedenken gegen die in der Brüsseler Konvention vorgesehene Begrenzung des Haftungs- und Deckungsbetrages auf nur 120 Mio (E)RE (derzeit rund 300 Mio DM), eine Begrenzung, die nach der inzwischen eigetretenen technischen, wirtschaftlichen und politischen Entwicklung nicht mehr vertretbar schien. Man befürchtete auch, daß der in der Konvention festgelegte Höchstbetrag als Obergrenze für eine Entschädigung, auch aus öffentlichen Mitteln, im Falle eines nuklearen Unfalles mit katastrophalen Folgen hätte gedeutet werden können.

Diesen Bedenken wurde Rechnung getragen durch die am 15. Juli 1975 verabschiedete dritte Novelle zum Atomgesetz, die gleichzeitig mit dem Ratifizierungs-Gesetz in Kraft trat. Dadurch wird die Haftungshöchstgrenze von 500 Mio DM auf 1 Mrd DM und die Deckungshöchstsumme von 120 auf 500 Mio DM heraufgesetzt. Die Freistellungsverpflichtung des Bundes verlagert sich aus dem Bereich zwischen 120 und 500 Mio DM in dem Bereich zwischen 500 Mio und 1 Mrd DM; an der Aufbringung werden die Länder beteiligt. Schließlich wird eine Ausgleichsregelung für Inländer eingeführt, die durch ausländische Reaktoren geschädigt werden. Die Deckungsvorsor-

ge-Versorgung wurde am 25. Januar 1977 dem geänderten Atomgesetz angepaßt.

Der Beitritt hat zum Ergebnis, daß Verursacher von Kernunfällen in westeuropäischen Nachbarstaaten auch haftbar werden, soweit die Auswirkungen dieser Unfälle auf das Bundesgebiet übergreifen. Zugleich wird durch die Novellierung des Atomgesetzes verhindert, daß durch den Beitritt zu den Konventionen eine Verschlechterung gegenüber dem geltenden deutschen Atomhaftungsrecht (§§ 25ff. AtG) eintritt.

5.7.4 Überlegungen über eine unbegrenzte Haftung

Am 8. Oktober 1979 vertrat der Staatssekretär im Bundesministerium des Inneren (BMI), G. Hartkopf, auf dem 6. Deutschen Atomrechtsymposium in Münster die Auffassung, angesichts des hohen Sicherheitsstandards der deutschen Kernkraftwerke sei das Festhalten an einer Höchstgrenze für den Schadensausgleich von derzeit 1 Mrd DM (§ 31 AtG) »unlogisch«. Das BMI sei dieserhalb in ersten konkreten Überlegungen mit anderen Ressorts und mit der Elektrizitäts- und Versicherungswirtschaft[108]. Dem wurde entgegengehalten, daß Art. 7 (b) des Pariser Übereinkommens einer Aufhebung der in § 31 AtG festgelegten Haftungshöchstgrenze entgegenstehe. Dieses Übereinkommen erlaube den Signatarstaaten nur eine Erhöhung der dort vorgesehenen Haftungshöchstgrenze von 15 Mio (E)RE (x 2,5), unter der Voraussetzung der Kongruenz von Haftung und Deckung.

Ähnliche Bestrebungen laufen in der Schweiz, die – bislang – weder der Pariser, noch der Brüsseler Konvention beigetreten ist. Die schweizerische Bundesregierung verabschiedete am 10. Dezember 1979 den Entwurf und die Botschaft zum neuen Haftpflichtgesetz für Kernenergieanlagen, die inzwischen den beiden Eidgenössischen Räten vorliegen. In Änderung der Haftungsbestimmungen des Atomgesetzes von 1959 sollen gemäß

[108] Vgl. J. F. Pfaffelhuber und B. Kuckuck, Normalisierung der Haftung und Deckungsvorsorge für kerntechnische Anlagen und W. Breining, Unbeschränkte Haftung schafft nicht automatisch unbeschränkte Deckung, beide Aufsätze in atomwirtschaft Nr. 1/1980, S. 28 bzw. 30. Vor dem Kerntechnischen Ausschuß erklärte Staatssekretär G. Hartkopf am 21. Oktober 1980, dem 9. Deutschen Bundestag werde nunmehr vorgeschlagen werden, die Haftungsgrenzung des Atomgesetzes (§ 31 AtG) aufzuheben, die Grenze der Pflicht zur privaten Dekkungsvorsorge auf 3 Mrd DM anzuheben und darüber hinaus unbegrenzte staatliche Restdeckung vorzusehen.

dieser Vorlage fortan die Inhaber von Kernenergieanlagen unbegrenzt haften. Dabei muß eine Haftpflichtversicherung über 200 Mio sfr nachgewiesen werden, woraufhin der Bund eine zusätzliche Deckung bis 1 Mrd sfr vornimmt, wofür ebenfalls Prämien zu zahlen sind. Bei noch höheren Schäden würde auf die eigenen Mittel des Haftpflichtigen zurückgegriffen. Schließlich käme die bisher schon bestehende Großschadensregelung mit weiteren Beiträgen des Bundes zum Zuge. In der Vernehmlassung war keine wesentliche Kritik an dem Entwurf geäußert worden. Am 17. Dezember 1980 hat der Ständerat diesen Vorschlag einstimmig gebilligt.

5.7.5 *Die Versicherungswirtschaft*

Wie oben festgestellt wurde, ist das *Haftpflicht*risiko bei Kernenergieanlagen gekennzeichnet durch eine geringe Eintrittswahrscheinlichkeit und durch möglicherweise besonders hohe Verpflichtungen. Solche Großrisiken, die beispielsweise auch im Luftversicherungsgeschäft vorkommen, können von einzelnen Versicherungsgesellschaften nicht abgedeckt werden. Die deutschen Haftpflichtversicherer haben sich daher zu einem Haftpflichtpool – der Deutschen Kernreaktor-Versicherungsgemeinschaft (DKVG) – zusammengeschlossen, der sich zudem bei den Haftpflichtpools anderer Länder rückversichert. Das wurde auch erleichtert durch die im Rahmen der Europäischen Atomgemeinschaft erarbeitete EURATOM-Rahmenpolice für die Anlagen-Haftpflichtversicherung.

Die Betreiber von Kernkraftwerken, die deutschen EVU, voran die PREAG und das RWE, gründeten als Selbsthilfeeinrichtung im Oktober 1975 die *Nuklear-Haftpflicht-GbR.* Diese Gesellschaft hat sich zum Ziel gesetzt, in Verhandlungen mit der deutschen Versicherungswirtschaft die Abdeckung aller nuklearen Haftpflichtschäden ihrer Gesellschafter zu erreichen, wobei die Versicherungswirtschaft nach außen hin die Deckung bis zu 500 Mio DM übernimmt, im Innenverhältnis jedoch alle Gesellschafter die Schäden im Bereich von 200 bis 500 Mio DM nach einem vertraglich vereinbarten Schlüssel tragen.

Das System der Haftung und Versicherung im Falle von Schäden, die von Kernenergieanlagen ausgehen, ist einer Bewährungsprobe bisher nicht ausgesetzt gewesen. Von Bagatellfällen abgesehen, sind solche Schäden bisher noch nicht aufgetreten. Vor Harrisburg erklärte das Insurance Information In-

stitute of New York, die beiden Versicherungspools, die sämtliche privaten Kernenergieanlagen in den Vereinigten Staaten haftpflichtversichern, hätten seit der Einführung der Versicherung im Jahre 1957 keinen einzigen Haftpflichtschaden regulieren müssen. Die Prämien wurden dementsprechend mehrfach herabgesetzt, zuletzt mit Wirkung vom 1. Januar 1975, dieses Mal auch unter ausdrücklicher Bezugnahme auf die Ergebnisse der Rasmussen-Studie, und sodann noch einmal mit Wirkung vom 1. März 1976. Auch der Unfall in *Harrisburg* am 28. März 1979 wird die *Haftpflicht*versicherung kaum belasten. Soweit bekannt, ist bisher lediglich eine Summe von 1,27 Mio Dollar als Entschädigung an 3 671 Frauen und Kinder gezahlt worden, die auf Empfehlung des Gouverneurs ihren Wohnsitz vorübergehend verließen. Für die 150 000 zeitweilig evakuiierten Personen wurde ein Fonds von 20 Mio Dollar zur Befriedigung von Einzelansprüchen (Einkommensverluste, Fahrkosten usw.) bereitgestellt. Weitere 5 Mio Dollar sind für die Gesundheitsüberwachung vorgesehen.

Der *Harrisburg*-Unfall führt nach inzwischen wohl überholten Schätzungen zu einem *Sachschaden* von 400 bis 500 Mio Dollar zuzüglich 260 Mio Dollar für einen neuen Reaktorkern. Die oben genannten 400 bis 500 Mio Dollar werden bis zu der für einen einzelnen Schadensfall vorgesehenen maximalen Dekkungssumme von 300 Mio Dollar durch zwei Versicherungspools übernommen werden, zu 77% durch die American Nuclear Insurers (ANI) und zu 23% durch den Mutual Atomic Energy Reinsurers Pool (MAERP). Diese Pools haben sich ihrerseits außerhalb der USA vor allem via Lloyds of London rückversichert. Auch die deutschen Versicherer sind betroffen. Allein 1979 wurde die Deutsche Kernreaktor-Versicherungsgemeinschaft für den Unfall in Harrisburg mit 43,8 Mio DM in der Sachversicherung und mit 3,0 Mio DM in der Haftpflichtversicherung (einschl. Schadensreserve) in Anspruch genommen. Die Betriebs-Gesellschaft Metropolitan Edison wird zudem weitere 700 bis 1100 Mio Dollar aufbringen müssen, um ihre Verpflichtungen aus dem Ausfall der Stromlieferungen zu erfüllen.

Übrigens war 1979 nicht der Harrisburg-Unfall das für die internationalen Erst- und Rückversicherer größte Schadensereignis (etwas über 0,5 Mrd DM), sondern der Hurrican »Frederic« mit einer Schadenssumme von 1,32 Mrd DM. Weitere große Einzelschäden in 1979 waren der Absturz einer DC 10 in

Chicago mit 275 Toten (214 Mio DM) und der Zusammenstoß der Tanker Atlantic Empress und Aegean Captain in der Karibik (160 Mio DM). Die Bohrlochexplosion Ixtoc verursachte einen Schaden von 612 Mio DM.

5.8 Ein »Atom-Staat«?

Das mehrfach zitierte Buch von Robert Jungk ›Der Atom-Staat‹ wird beherrscht von der bedrückenden Vorstellung, eine Weiterentwicklung der Kernenergie mache eine allumfassende Kontrolle unverzichtbar. Die friedliche Kernenergienutzung schaffe ein unerträgliches Terrorpotential. Trifft dies zu?

5.8.1 Die Bombe[109]

(1) Das Unbehagen gegen die Kernenergie ist letztlich zurückzuführen auf die beiden Bomben von Hiroshima und Nagasaki. Wenn man wie R. Jungk glaubt, ein Atomstaat werde im Zuge der friedlichen Anwendung der Kernenergie unausweichlich kommen, dann heißt dies, unter Verwendung von abgezweigten Kernbrennstoffen, vorhandenen technischen Einrichtungen und nuklearen know hows werde es möglich sein, Atombomben herzustellen und zu zünden. Ist dies zu befürchten?

Wie in diesem Buch an anderer Stelle dargelegt ist, eignet sich nur sehr hochangereichertes Uran und waffengeeignetes (weapon graded) Plutonium als Bombensprengstoff. Uran mit der erforderlichen Anreicherung findet in der friedlichen Kerntechnik nur ganz ausnahmsweise Verwendung und mußte daher in Trennanlagen für eine Bombe eigens hergestellt werden. Waffengeeignetes Plutonium darf nur geringe Gewichtsanteile an Plutonium 240 und 242 enthalten, d.h. die wiederaufgearbeiteten Brennelemente dürfen nur geringfügig abgebrannt sein. Die Beeinträchtigung der Bombeneignung von Plutonium mit höheren Anteilen an geradzahligen Isotopen ist nicht nur darauf zurückzuführen, daß diese Isotope Brutstoffe sind, daher Neutronen einfangen und damit eine Kritikalität erschweren, sondern vor allem auch darauf, daß die bis zu 40% beigemischten höheren Isotope sich spontan spalten und damit die Bombe zu früh zünden können.

[109] Die Ausführungen dieses Abschnitts beziehen sich nur auf die Möglichkeiten und Risiken zur Fertigung und Zündung von Kernsprengkörpern durch Terroristen im Inland, nicht aber auf die Problematik einer mißbräuchlichen Verwendung von Kernbrennstoff durch Staaten; vgl. dazu Kapitel 6.

Selbst mit in jeder Hinsicht waffengeeigneten Spaltstoffen ist es technisch überaus schwierig, eine Bombe zu zünden. Die bloße Anhäufung einer hinreichenden Menge Spaltstoff würde lediglich zu einer Kritikalität führen, die die Wirkung von Handgranaten hätte. Für eine wirkungsvolle Zündung müßten mehrere nahekritische Massen mit erheblicher Geschwindigkeit aufeinander zugeschossen werden. Nach Auskunft von Experten entspricht diese Geschwindigkeit schon bei Waffenspaltstoff dem etwa Zehnfachen der Schallgeschwindigkeit, d.h. mehreren Kilometern je Sekunde. Mit normalen technischen Mitteln ist diese Geschwindigkeit nicht zu erreichen, nur mit modernen Implosionstechniken. Zusätzliche Schwierigkeiten bereitet die erforderliche extrem genaue Zeitabstimmung zwischen dem Zusammenschuß und dem die Kettenreaktion anregenden Neutronenimpuls. (Vgl. P. Borsch und E. Münch, Sicherung von Kernbrennstoffen und kerntechnischen Anlagen, in »Kernfragen«, hrsg. 1978 von der KFA Jülich).

Je größer der Anteil an höheren Plutonium-Isotopen ist, um so höher muß die für die wirkungsvolle Zündung einer Bombe erforderliche Zusammenschußgeschwindigkeit sein. Mit hohem Aufwand und großem Geschick sind nur Bruchteile einigermaßen günstiger Werte erreichbar. Bei größerer Abweichung von den Sollwerten wird die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Zündung und damit die Wirksamkeit des nuklearen Sprengsatzes zunehmend geringer. Die Verwendung von Plutonium aus der Wiederaufarbeitung von Leichtwasser-Reaktor-Brennstoff (Reaktor-Plutonium) erhöht die technischen Schwierigkeiten für den Bau einer Bombe ganz außerordentlich.

Hinzu kommen die Schwierigkeiten bei der Verarbeitung des Plutoniums. Aufgrund seiner chemischen und radiologischen Eigenschaften kann Plutonium nur in hochtechnisierten und spezialisierten Einrichtungen verarbeitet werden. Zudem ist Plutonium hochgradig giftig. Diese Einrichtungen erfordern zweistellige Millionenbeträge. Für einen »Bastler« wären der erforderliche Aufwand und die mit dieser Arbeit verbundene Gefährdung unüberwindliche Hindernisse.

C. F. v. Weizsäcker weist in diesem Zusammenhang darauf hin, daß nicht nur (oder besser: nicht so sehr) die Gefahr der faktischen Entwendung von Plutonium ernstgenommen werde[110], sondern die Gefahr, daß Terroristengruppen mit der fal-

[110] Eine im Frühjahr 1975 vorgelegte Studie von B. L. Cohen für das Institute for Energy Analysis (Oak Ridge Associated Universities) kommt zu dem Ergeb-

schen Behauptung bluffen, sie seien im Besitz von Plutonium und von daraus gebauten Kernwaffen.

(2) Gutgläubig oder nicht, aber tatsachenwidrig wird von Kernkraftgegnern gelegentlich auch behauptet, in der Vergangenheit sei bereits radioaktives Material für terroristische Zwecke, d.h. letztlich für die Fertigung einer Bombe, beiseitegeschafft worden. In seinem Buch »Der Atom-Staat« liefert Robert Jungk das bekannteste Beispiel für eine solche Behauptung. Jungk sagt auf S. 171: »Es gibt auch zumindest schon einen nachweisbaren Fall der Entwendung von Spaltmaterial durch einen Insider. Eliodore Pomar, der Generaldirektor des Atomforschungsinstituts der Euratom in Ispra, verschwand 1974 mit radioaktivem Material, das er vermutlich den Neofaschisten für einen Putsch zur Verfügung stellen wollte.« Dazu ist klarzustellen, daß der erwähnte E. Pomar niemals Generaldirektor des Zentrums Ispra der Gemeinsamen Forschungsstelle der Europäischen Atomgemeinschaft war, sondern der wesentlich rangniedrigere, für die Infrastrukturmaßnahmen zuständige Beamte. Radioaktives Material hat er schon deshalb nicht entwendet und entwenden können, weil er hierzu keinen Zugang hatte. Eine Fehlmenge hat auch nicht festgestellt werden können. Die von dem zweifelsfrei rechtsradikalen E. Pomar selbst gewünschte Beendigung seiner Tätigkeit in Ispra hatte ganz andere als die von Robert Jungk genannten Gründe.

(3) Ungeachtet dieser Feststellungen nimmt die Diskussion um die Möglichkeiten der Herstellung und Zündung einer Bombe durch Terroristen kein Ende. Unabhängig voneinander schreckten im Sommer 1978 zwei Studenten – Dimitri Rotow und John Aristotle Philips – die Öffentlichkeit mit der Feststellung auf, es sei aufgrund zugänglicher Informationen durchaus möglich, eine Atombombe zu fertigen[111]. Diese und jede ähnli-

nis, daß entwendetes Plutonium schwieriger und weniger effektiv für terroristische Zwecke eingesetzt werden könne als wirksame konventionelle Giftstoffe. Eine Substanz, deren Bedrohung in einer möglichen Krebserregung nach 15 bis 45 Jahren liege, sei für Terroristen nicht besonders geeignet. Ob diese Erwägung Terroristen allerdings beeindrucken wird, ist fraglich.

[111] In ihrer Studie »Nuclear Theft: Risks and Safeguards« vom Frühjahr 1974 stellen M. Willrich und T. B. Taylor keineswegs unbestritten fest, die Herstellung von Kernsprengsätzen biete für geschickte Bastler heute kein Problem mehr, da die entsprechende Literatur nicht mehr der Geheimhaltung unterliege. Wegen der erwarteten Steigerung der Umlaufmengen an Kernbrennstoffen erhöhe sich zudem die Gefahr einer unauffälligen, wenn nicht gar gewaltsamen Entwendung. Daher müsse der Schutz gegen Diebstähle wesentlich verstärkt werden.

che Aussage übersieht die damit verbundenen außerordentlichen Schwierigkeiten, die die Atomwaffenstaaten nur mit ganz erheblichem wissenschaftlichem, technischem und finanziellem Aufwand haben überwinden können. Hier sei auch angemerkt, daß während der bisher mehr als 30 Jahre Umgang mit spaltbarem Material kein Fall einer Entwendung aus einem zivilen Bereich mit der Möglichkeit oder auch nur der Absicht der Herstellung einer Bombe bekannt geworden ist. Ob jemals Nuklearsprengstoff aus militärischen Beständen gestohlen wurde, ist nicht bekannt, angesichts der besonderen Sicherungsmaßnahmen aber wenig wahrscheinlich[112] und wäre zudem belanglos für die hier untersuchte Frage, ob die *friedliche* Entwicklung der Kernenergie Anlaß gibt zu der Befürchtung einer illegalen Waffenanfertigung.

Weltweites Aufsehen erregte 1979 die Auseinandersetzung um die Veröffentlichung eines Berichtes des Journalisten Howard Morland mit dem Titel »Das Geheimnis der Wasserstoffbombe – Wie wir es erhielten und warum wir es preisgeben«. Howard hatte diesen Bericht nach eingehender Durchsuchung der Fachliteratur und zahlreichen Interviews mit Wissenschaftlern und Behörden verfaßt und dabei seine Kombinationsgabe unter Beweis gestellt. Dieser Bericht erschien im September 1979 in der Zeitschrift »The Progressive« in Madison/Wisconsin, nachdem seine Veröffentlichung zunächst im März 1979 durch einen Bundesrichter verboten worden war, das amerikanische Justizministerium dann in der zweiten Gerichtsinstanz seine Klage am 17. September 1979 aber zurückzog. Vorher war – zunächst unbeachtet – ein Brief des Computertechnikers Charles Hansen in der Tageszeitung »The Madison Press Conception« veröffentlicht worden, der, wie es hieß, einen Kurzkurs in Entwurf, Herstellung und Operation thermonuklearer Waffen enthält. Im Konflikt zwischen zwei durch die amerikanische Verfassung garantierten Ansprüchen, der Pressefreiheit und dem Schutz und der Sicherheit der Nation, hatte die Pressefreiheit den Sieg davongetragen. Das Nachrichtenmagazin »Der Spiegel« brachte eine Zusammenfassung des »The Pro-

[112] Nach einer im März 1978 vom amerikanischen Verteidigungsministerium bei einer Anhörung im Senat gegebenen Auskunft ist bis dahin keine Atomwaffe gestohlen worden. Seit 1970 hätte das amerikanische Bundeskriminalamt aber 40mal Fahndungsmaßnahmen nach Erpressern eingeleitet, die mit der Zündung von Atomsprengsätzen für den Fall drohten, daß ihre Forderungen nicht erfüllt würden; in keinem Fall wurde eine hausgemachte Atombombe gefunden.

gressive«-Berichts in seiner Ausgabe vom 3. März 1980. Nach sorgfältiger Lektüre konnte der Autor dieses Buches feststellen, daß dieser Artikel keinerlei Informationen enthält, die ihm nicht ohnehin bereits bekannt waren.

(4) Im Lichte der vorstehenden Feststellungen sind die bisher registrierten Fälle des Beiseiteschaffens von Kernbrennstoffen aus zivilen Bereichen sicherlich besorgniserregend, sie geben aber keinen Anlaß zu ernsthafter Befürchtung, daß Terroristen diese Stoffe zur Bombenfertigung verwendet haben oder hätten verwenden können.

Im September 1980 wurde bekannt, daß auf dem Gelände des Schnellen Brüters in Dounray/Schottland 1973 und 1977 zwei Brennstoffstäbe mit insgesamt 35 g Plutoniumgehalt verschwunden sind. Trotz gründlicher Suche konnten die beiden Stäbe nicht gefunden werden. Das UKAEA schließt aus, daß diese Stäbe das streng bewachte Reaktorgelände in Dounray verlassen haben. Man nimmt an, daß die Stäbe der Wiederaufarbeitung zugeführt, aber irrtümlich nicht registriert wurden. Von bis dahin insgesamt 20000 Brennstäben sind nur diese beiden verloren gegangen. Ihr Plutoniumgehalt ist zur Bombenherstellung viel zu gering.

In den USA wurden in der Vergangenheit mehrfach Diebstähle oder Fehlbestände an Kernbrennstoffen registriert, so der in der Brennelementfabrik der General Electric Co. in Wilmington N. C. im Januar 1979 mit dem Ziele einer Erpressung begangene Diebstahl von zwei Containern mit je 34 kg auf 2,6% angereichertem Uranoxyd in Pulverform (eine recht geringe, zur Bombenfertigung in jeder Hinsicht ungeeignete Menge). Schwerwiegender und aufsehenerregender war das Verschwinden von wenigstens 9 kg hochangereichertem Uran für den Antrieb von Atom-U-Booten aus einer Fabrik zur Herstellung von Kernbrennstoff in Erwin/Tennessee. Es blieb ungeklärt, ob diese Menge tatsächlich als vermißt gelten muß oder ob sie im Verlauf des Herstellungsprozesses verlorenging oder ob auch nur ein Materialabbuchungsfehler – eine Inventory Difference (ID) – vorliegt[113]. Die NRC hat jedenfalls unverzüglich verfügt, den Betrieb zu schließen.

[113] Solche bei der Buchführung von Spaltstoffen (Uran, Plutonium) auftretenden Differenzen werden gewöhnlich als *MUF* (Material Unaccounted For) bezeichnet. Sie sind zumeist zurückzuführen auf Meßungenauigkeiten, Niederschläge in Apparaten und Rohrleitungen und auf Buchführungsfehler, gelegentlich aber auch darauf, daß Material entwendet wurde.

Im April/Mai 1977 wurde bekannt, daß neun Jahre vorher, im November 1968, eine Schiffsladung, bestehend aus 560 mit der Aufschrift »Plumbat« versehenen Fässern Natururanoxyd – insgesamt 200 t Natururan –, verschwunden ist. Die besonderen Umstände – Kontrollzuständigkeit von EURATOM und mögliche Verbringung des Urans nach Israel – verhalfen diesem Vorfall als »Affäre Scheersberg« zu besonderer Publizität: Mehrere Politthriller nahmen sich dieses dankbaren Stoffes an.

Die wenigen eindeutig erwiesenen Umstände des Verschwindens dieser Schiffsladung ursprünglich aus Zaire stammenden Urans gab die Sprechergruppe der EG-Kommission am 5. März 1977 bekannt: Danach war die Société Générale des Minerais in Brüssel Verkäufer und die Asmara Chemie GmbH in Hattenheim bei Wiesbaden Käufer der Ladung. Partner der Asmara war die Saica (Società anonima italiana colori ed affini) in Mailand. Die Asmara unterzeichnete den Liefervertrag bei EURATOM am 17. Oktober 1968, die Société Générale des Minerais am 22. November 1968. Die auf dem 1142 BRT-Motorschiff »Scheersberg« (ein Schiff, das zunächst unter deutscher, dann aber unter liberianischer Flagge fuhr) am 19. November 1968 von Antwerpen mit Bestimmungsort Genua abgehende Uranfracht erreichte ihren Zielort nicht. Es wird vermutet, daß sie in ein Drittland verbracht worden ist, das möglicherweise Israel sein könnte. Der wirkliche Verbleib der Ladung konnte nicht aufgeklärt werden. Die »Scheersberg« hatte mehrfach den Besitzer gewechselt, wobei sich die Spuren der fraglichen Fahrt verwischten. Rätsel gibt auch die Tatsache auf, daß die Ware offenbar bezahlt wurde, der Verkäufer sich aber weder an eine Versicherung wegen Havarie noch an die Polizei wegen Verfolgung eines Betrugsfalls wandte.

Nach diesem Vorfall unterwarf EURATOM auch alle Spediteure und Händler einem Deklarationszwang, der die EURATOM-Sicherheitsinspektoren seitdem in den Stand setzt, den Transportweg der Kernbrennstoffe von Anfang bis Ende zu verfolgen.

5.8.2 Sabotage

(1) Wohl ernster zu nehmen sind Absichten und Bestrebungen, Kernenergieanlagen zu stören. Deutsche Staatsschutzbehörden fanden im Sommer 1979 ein »Handbuch zur Selbsthilfe«, das Erfahrungen aus Widerstandsaktionen gegen Kernenergieanla-

gen zusammenfaßt und Ratschläge zum praktischen Widerstand gibt. Zur Rechtfertigung dieses Sabotage-Handbuchs heißt es, es sei wichtig, praktisch gegen Atomanlagen zu kämpfen. Dieser Kampf, der zum geringsten ein technisches Problem darstelle, solle nicht die Angelegenheit von wenigen Spezialisten sein, sondern müsse vielmehr gemeinsam organisiert werden. Dieses Handbuch enthält detaillierte Geländeskizzen der Kernkraftwerke, praktische Sabotageanweisungen, Anleitungen zum Bau von Rohrbomben und anderen Sprengkörpern usw., z. B. auch eine Anweisung, wie eine zwei Zentimeter dicke Panzertür von Kernkraftgegnern aufgesprengt werden kann.

(2) In der Tat sind in den letzten Jahren zahlreiche Sabotagen an Kernenergieanlagen und andere Anschläge verübt worden. Nachstehend einige wahllos herausgegriffene Beispiele. Bemerkenswert ist dabei, daß diese Akte teilweise nicht zum Ziele hatten, den Betrieb eines Kernkraftwerks oder die Elektrizitätsversorgung zu stören oder zu unterbrechen, sondern andere Ziele mit terroristischen Mitteln zu verwirklichen.

- Am 21. Juli 1978 wurde auf das Lübecker Bürogebäude der Nordwestdeutschen Kraftwerke (NWK) ein Brandanschlag mit Sachschaden verübt. Dies war damals bereits der dritte derartige Anschlag auf Einrichtungen der NWK im Jahre 1978.
- Auf das Gebäude, in welchem sich die Diensträume der Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) in Köln befinden, wurde am 4. Dezember 1980 ein Bombenanschlag verübt, der Sachschaden verursachte.
- Zwei Masten einer Hochspannungsleitung, über die das Kernkraftwerk Esensham Strom in das Versorgungsnetz der NWK speist, wurden am 27. April 1981 in ihren Fundamenten abgesprengt.
- In zeitlicher Übereinstimmung und wahrscheinlich auch kausalem Zusammenhang mit militanten Demonstrationen um Brokdorf wurden auf ein Büro der GfK Karlsruhe und auf die Baustelle Gundremmingen am 1. März 1981 Brandanschläge verübt.
- Auf die Wohnung des Vorstandsvorsitzenden des Kernforschungszentrums Karlsruhe (KfK) R. Harde wurde am 27. Februar 1981 ein Brandanschlag verübt, bei dem ein Familienangehöriger leicht verletzt wurde und beträchtlicher Sachschaden entstand. Einige Zeit vorher, am 22. Dezember 1980, wurde ein Molotow-Cocktail in die Wohnung des kaufmännischen Ge-

schäftsführers der Kernkraftwerk Brokdorf GmbH K.-H. Jurkschaf geworfen.
- Auf ein Unternehmen in Markdorf/Baden, das Roboterarme zum Hantieren mit radioaktivem Material herstellt und Lieferungen nach Pakistan ausführt, wurde am 18. Mai 1981 ein Bombenanschlag verübt, zu dem sich eine Organisation zur Verhinderung der Verbreitung von Kernwaffen in Südost-Asien bekannte.
- Am 4. November 1979 sprengte eine Gruppe von Kernenergiegegnern unter der Bezeichnung »Do-it-yourself-Arbeitsgruppe 007« die Verankerung eines außerhalb der umzäunten Reaktoranlage Gösgen-Däniken im Schweizer Kanton Solothurn errichteten 110 m hohen Stahlmastes mit meteorologischen Kontrollinstrumenten. Dieser Mast stürzte auf die 400000-Volt-Transformatorenanlage und zerstörte diese teilweise. Nach Bekunden der Saboteure sollte mit diesem Anschlag die noch im gleichen Monat geplante Inbetriebnahme des Kraftwerks verhindert werden.
- In Frankreich wurden in den vergangenen Jahren zahlreiche Anschläge auf Kernkraftwerke und andere Energieversorgungsanlagen versucht. Insbesondere im November und Dezember 1977 waren Anlagen der EDF – Hochspannungsmasten, Verwaltungsgebäude usw. – das Ziel von Anschlägen radikaler Kernkraftgegener. Am 6. April 1979 wurde ein Sprengstoffanschlag auf eine Fabrik zur Herstellung von Brennelementen für Kernreaktoren in der Stadt La Seyne-sur-Mer ausgeführt, zu dem sich eine bis dahin nicht in Erscheinung getretene Gruppe von französischen Ökologen bekannte. Früher schon – 1975 – hatte es in Frankreich mehrere terroristische Anschläge auf Kernkraftwerke bzw. -baustellen gegeben: am 3. Mai 1975 ein vom dem Kommando Ulrike Meinhof und Puig Antich angekündigter Anschlag auf die Baustelle in Fessenheim und am 14./15. August 1975 zwei Anschläge auf den EL 4 bei Brennilis in der Bretagne, für die die Befreiungsaktion für die Bretagne CFBL die Verantwortung übernahm.
- Zur Unterstützung separatistischer Bestrebungen wurden gegen die Baustelle für das baskische Kernkraftwerk Lemoniz bis 1979 allein drei Sprengstoffanschläge ausgeführt, zu denen sich die Untergrundorganisation ETA bekannte, am 18. Dezember 1977, am 17. März 1978 und am 13. Juni 1979. Am 29. Januar 1981 entführten Terroristen der baskischen Separatisten-Organisation ETA (militar) den als zukünftigen Betriebsleiter vorge-

sehenen Chefingenieur des Kernkraftwerks Lemoniz Jose Maria Ryan. Sie forderten die Zerstörung des im ersten Block zu 90% und im zweiten Block zu 25% fertiggestellten Kernkraftwerks mit der Auflage, diese Aktion innerhalb einer Woche zu beginnen. Nachdem diese Forderung nicht erfüllt worden war, wurde J. M. Ryan am 6. Februar 1981 ermordet. Nach einer Massendemonstration mit 100000 Teilnehmern, die gegen diesen Mord protestierten, gab der Betreiber des Unternehmens – die Iberduero – die Unterbrechung der Bauarbeiten bekannt. Das baskische Regionalparlament forderte dann aber, die Bauarbeiten unverzüglich fortzusetzen, da terroristische Erpressung nicht geduldet werden könne. Die Bauarbeiten wurden daraufhin wieder aufgenommen und die Elektrizitätswerke des Baskenlandes von der Armee überwacht. Gleichwohl wurden weitere Anschläge gegen Einrichtungen der Iberduero verübt. So explodierte in einem Kraftwerk dieser Gesellschaft in San Sebastian am 12. September 1981 eine Bombe, die zwei Personen verletzte.

- Nach einer Untersuchung vom Mai 1979 wurden seit 1961 auf die 74 Kernkraftanlagen in den USA mindestens zehn Anschläge verübt. Dabei wurden erhebliche Schäden angerichtet. Am 16. September 1981 versuchten Kernkraftgegner mit Leitern und Booten in das in der Betriebsaufnahmephase befindliche Diablo-Canyon-Kernkraftwerk in Avila Beach bei San Luis Obispo in Kalifornien einzudringen, um den Betrieb des Kraftwerks zu verhindern, da die Anlage nach deren Meinung nicht ausreichend gegen Erdbeben abgesichert sei. Der Angriff wurde von der Polizei abgewehrt. 900 Kernkraftgegner wurden festgenommen.

Diese Liste läßt sich erweitern.

5.8.3 Terrorismus

Die vorstehend geschilderten Sabotageakte wurden nicht ausschließlich von Kernenergiegegnern mit dem Ziel unternommen, Kernkraftwerke oder andere Elektrizitätsversorgungsanlagen zu stören. Auf Kernenergieanlagen wurden vielmehr auch Anschläge zur Verbreitung von Furcht oder mit dem Ziele der Erpressung versucht – eindeutige Akte des Terrorismus.

Politische Motive waren zweifellos bestimmend sowohl bei den Sprengstoffanschlägen am 4./5. April 1979 auf den zur Lieferung in den Irak auf dem Gelände der Constructions Navales

et Industrielles de la Méditerranée (CNIM) in La Seyne-sur-Mer bei Toulon bereitstehenden Forschungsreaktor Osirak als auch für die Ermordung des ägyptischen, im Dienste der irakischen Atomenergie-Behörde stehenden Atomphysikers Jachja al Meschad am 14. oder 15. Juni 1980 in einem Pariser Hotel.

Ein terroristischer Anschlag auf ein Kernkraftwerk mit dem Ziele, eine nukleare Katastrophe herbeizuführen und dadurch Angst und Schrecken zu verbreiten, ist erfolgreich bisher nur in der Literatur verübt worden, in dem Science-Fiction-Roman des Hamburger Autors Hans Heinrich Ziemann »Die Explosion«[114]. Ob in der Bundesrepublik Deutschland ein derartiger Anschlag – mit welchem terroristischen Ziel auch immer – bereits einmal angedroht wurde, ist dem Verfasser nicht bekannt.

Ehe auf die ergriffenen und möglichen Maßnahmen zur Verhinderung oder Abwehr terroristischer Aktionen gegen nukleare Anlagen eingegangen wird, sei ein grundsätzlicher Hinweis gestattet: Mit nicht-nuklearen Mitteln kann der befürchtete Terror mit weit geringerem Aufwand erreicht werden. Erinnert sei an die in verschiedenen Ländern wiederholt angedrohte Verseuchung des Trinkwassers oder Verwendung von Giftgasen, äußerstenfalls auch an die Versprühung von Nervengas. Mit solchen Drohungen müssen wir leben und fertig werden, wie uns die Entführungen von Hanns-Martin Schleyer und Aldo Moro, die Flugzeugentführung nach Mogadischu und die Bombenanschläge in Bologna und München drastisch vor Augen geführt haben.

5.8.4 Abwehrmaßnahmen

(1) Im Rahmen einer Aufzählung der vielfältigen Einrichtungen und Maßnahmen zur Verhinderung oder zur Abwehr von Eingriffen aller Art, die zum Ziel haben, die Versorgung, den Betrieb oder die Entsorgung von Kernenergiekraftwerken zu stören, sind in erster Linie die auf internationalen Vereinbarungen beruhenden Vorkehrungen zur Verhinderung einer Ausbreitung von Kernwaffen (vgl. Kapital 6) zu erwähnen. Insbesondere die danach geforderten Nachweise und Kontrollen des Verbleibs der zur Verfügung stehenden Kernbrennstoffe sind so angelegt, daß sie nicht nur eine internationale Proliferation, sondern auch jede andere unrechtmäßige Verwendung verhindern oder jedenfalls verhindern sollen.

[114] München 1976, vgl. dazu die kritischen Anmerkungen in Fußnote 44 auf S. 758.

(2) Die Bauweise von Kernenergieanlagen, insbesondere die baulichen Vorkehrungen zur Beherrschung extremer äußerer Einwirkungen – Flugzeugabsturz, nahe Explosionen usw. – wie schließlich auch die Sicherheitstechnik zur Vermeidung von Unfallgefahren sind ihrer Natur nach regelmäßig gleichzeitig geeignet, Störaktionen Dritter zu verhindern oder unwirksam zu machen. In ihrer bereits am 16. Juli 1975 erteilten Antwort auf eine Große Anfrage von Abgeordneten der SPD und der FDP (Bundestags-Drucksache 7/3871) weist die Bundesregierung auf folgendes hin: »Soweit der Zugang zu wichtigen Bereichen der Anlagen nicht schon aus Strahlenschutzgründen unmöglich oder erschwert ist, werden zum Zwecke der Verhinderung einer mißbräuchlichen Verwendung der Kernenergie besondere organisatorisch-administrative und technische Maßnahmen getroffen. Es sind dies z.B. physische Barrieren, Zugangskontrollen, die Aufstellung eines ausreichenden Werkschutzes und die Verbindung zu den zuständigen Polizeidienststellen. Bei der Beförderung schutzbedürftiger radioaktiver Stoffe stehen insbesondere die polizeilichen Sicherungsmaßnahmen im Vordergrund.«

Die zahlreichen Maßnahmen, die zum Schutz gegen Sabotage und Diebstahl ergriffen wurden, sind aus verständlichen Gründen nicht publik gemacht worden und werden darum hier auch nicht behandelt. Hier seien deshalb nur einige ohnehin allgemein bekannte Feststellungen wiederholt. Unter dem Stichwort »Schutz gegen Sabotage« führen P. Borsch und E. Münch in der Schrift »Kernfragen« der KFA Jülich (1978) aus: »Der Zugang zu wichtigen Anlageteilen wird durch den Aufbau verschiedener Schutzbereiche, die nacheinander angeordnet sind, erheblich erschwert bzw. unmöglich gemacht. Hindernisse zwischen den Schutzbereichen sorgen dafür, daß die Zeit, die jemand benötigt, um gewaltsam einzudringen, größer ist als die Zeit, die erforderlich ist, um den Eindringling festzustellen, Alarm auszulösen, Schutz- und Hilfskräfte herbeizuholen, und diese über die Situation am Ort zu informieren. Primär handelt es sich bei diesen Hindernissen um mechanische Barrieren – das gilt auch für Türen und Tore –, die mit automatischer Detektierung versehen sind. Administrative Maßnahmen wie Zugangskontrollen und Überwachungen haben eine zusätzliche Wirkung.

Ein Eindringling müßte über eine äußerst umfangreiche Kenntnis der gesamten Anlage verfügen, um selbst bei Über-

windung aller Hindernisse in der Lage zu sein, einen über den GaU hinausgehenden Störfall auszulösen. Ihm müßten nicht nur alle Anlageteile, die örtliche Anordnung sowie ihre Bedeutung, sondern auch Schaltungen und Regelungen bekannt sein. Durch die örtliche Trennung gleichartiger und gleichberechtigter Anlageteile ist stets eine größere Anzahl gleich qualifizierter Personen erforderlich, die bei ihrer Tätigkeit unter einem erheblichen Zeitdruck stehen.

Zugänge können nicht erpresserisch erzwungen werden, denn derjenige, der in der Lage wäre, einen Zugang zu öffnen, befindet sich – durch eine Fernsehanlage verbunden – weit entfernt von der Stelle, an der ein Eindringling sich Zugang verschaffen will. Darüber hinaus sind im Alarmfall, der schon beim Versuch, das erste Hindernis zu überwinden, ausgelöst wird, ohnehin keine Zugangstüren mehr von außen zu öffnen.«

(3) Im Ergebnis gelangen alle dem Autor bekannten seriösen Analysen zu der Erkenntnis, daß Terror- und Sabotageakte wohl zu einer Unterbrechung der Stromerzeugung führen könnten, nicht jedoch zu Störungen, die eine wesentliche Erhöhung der Radioaktivität in der Umgebung der Anlage mit sich bringen (Schweizerische Vereinigung für Atomenergie im November 1977). Diese Erkenntnis wurde auch von der überwiegenden Anzahl der Sachverständigen bestätigt, die im September 1977 vom Innenausschuß des Deutschen Bundestages angehört wurden. Auch die bisher bei Anschlägen dieser Art gewonnenen Erfahrungen sprechen für diese Einschätzung. So blieben bei den beiden Sprengstoffanschlägen am 14. und 15. August 1975 auf das bereits 1967 in Betrieb genommene 80 MWe-Versuchskernkraftwerk EL 4 bei Brennilis in der Bretagne die Schäden – nicht zuletzt wegen der inhärenten Sicherheitsvorkehrungen – gering. Der Betrieb des Kernkraftwerks wurde nicht unmittelbar beeinträchtigt.

Alle hier bezeichneten Analysen stellen zudem fest, daß Ziele nichtnuklearer Art mit viel geringerem Aufwand und Risiko und weit verheerenderen Auswirkungen sabotiert werden können. Für Terroristen sind somit Kernkraftwerke wenig taugliche Objekte.

Auch C. F. v. Weizsäcker hat sich in seiner weithin bekannt gewordenen Rede auf dem von der baden-württembergischen SPD veranstalteten Fachkongreß über Energiefragen am 21. Juni 1975 in Reutlingen mit diesem Problem befaßt. Er führt dazu aus: »Die Sorge vor Sabotage wird von den Experten nicht

geleugnet, aber durch die Bemerkung relativiert, daß sich, bei geeigneten Sicherheitsmaßnahmen, lohnendere Ziele für Terroristen finden lassen als Kernenergieanlagen. Dies gelte insbesondere für die heutigen Reaktoren. »Die Sabotage-Szenarios« seiner Gesprächspartner machten auf v. Weizsäcker »freilich im ganzen den Eindruck, nur das Modell von Gangstern in einer im übrigen funktionierenden Gesellschaft und nicht von Revolutionären in einer allgegenwärtigen Krise vor Augen zu haben.«

(4) Die oben beschriebenen Vorkehrungen und Maßnahmen schützen auch gegen die Entwendung von Material, das zur Herstellung von Kernsprengkörpern geeignet sein könnte. Transporte von solchem Material werden polizeilich gesichert. Die keineswegs zu bestreitende Notwendigkeit von Kontrollen wird aber weithin überschätzt, weil es sich stets um eine begrenzte Anzahl von Installationen und Transporten handeln wird, die einer solchen Kontrolle bedürfen. Von den, wie Robert Jungk sagt, »zahlreichen Atomtransporten, die Tag für Tag über alle Straßen und Schienenwege rollen oder per Flugzeug befördert werden« (S. 168f.) sind nur die wenigen Transporte von hochangereichertem Uran oder Plutonium für Terroristen von Interesse. Die Transporte abgebrannter Brennelemente und von höher radioaktiven Abfällen sind zwar gefährlich, für Terroristen aber uninteressant. Alle übrigen Transporte – und das ist die ganz überwiegende Mehrzahl – sind weder für terroristischen Zugriff geeignete Objekte noch signifikant strahlengefährlich.

Die in den letzten Jahren gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen bei der Bekämpfung terroristischer Aktivitäten haben dazu geführt, daß die Vertreter von über 50 Staaten, darunter die USA, die UdSSR, die Bundesrepublik Deutschland, aber auch die DDR, beschlossen, ihren gesetzgebenden Körperschaften die Unterzeichnung und Ratifizierung einer Konvention zum »Schutz nuklearen Materials vor Mißbrauch« vorzuschlagen. Der verabschiedete Text sieht folgendes vor:

- Jedes Land verpflichtet sich, einschlägige Straftäter auszuliefern.
- Erpressungsversuche sollen grundsätzlich abgelehnt werden.
- Bestimmte kriminelle Tätigkeiten im Zusammenhang mit dem Gebrauch nuklearen Materials werden als strafbare Handlungen ausgewiesen und geahndet.

5.8.5 Kernenergieanlagen und kriegerische Auseinandersetzungen

Im Rahmen sicherheitspolitischer Konzepte und Strategien ist auch die Frage zu prüfen, ob die militärische Verteidigung der Bundesrepublik durch die Existenz von Kernkraftwerken, Wiederaufarbeitungsanlagen usw. beeinträchtigt werden kann, etwa in der Befürchtung, daß ein potentieller Angreifer derartige Anlagen als vom Verteidiger selbst gebaute und im Boden verankerte Atombomben nur mit den richtigen Mitteln zu zünden braucht. Räumlich umfassender lautet die Frage, ob und inwieweit Kernenergieanlagen militärische Konflikte verschärfen können oder nicht. Hierzu einige Thesen:

(1) Unverändert gilt, daß schon aus physikalischen Gründen im Core eines Kernkraftwerks niemals eine Kettenreaktion wie in einer Atombombe ablaufen kann. Dagegen besteht bei Bombardierung oder Beschuß die Gefahr einer Freisetzung von Radioaktivität. Als Folge einer Beschädigung der Beton- und Stahlummantelung könnte äußerstenfalls der unter hohem Druck stehende Dampf explosionsartig entweichen und die Umgebung radioaktiv verseuchen.

(2) Druckgefäß und Sicherheitsbehälter von Kernkraftwerken schützen auch – und zudem recht wirkungsvoll – gegen kriegerische Einwirkungen. Jedenfalls könnte nur ein gezielter Schuß oder Bombenabwurf zu einer Beschädigung führen, die Radioaktivität freisetzt. C. F. v. Weizsäcker äußert sich in seiner bereits erwähnten Rede in Reutlingen noch pointierter: »Die Reaktoren werden heute mit soviel Beton überdeckt, daß selbst der Abwurf einer konventionellen Bombe oder der Absturz eines Flugzeugs genau auf die Betondecke diese nicht durchschlagen würde. Eine nukleare Bombe könnte freilich die Dekke zerstören, und ich weiß nicht, ob die Behauptung zutrifft, daß eine zweite nukleare Bombe nötig wäre, um den Reaktorkern zum Verdampfen zu bringen«[114a].

[114a] Kosta Tsipis und Steven Fetter vom MIT in Boston wiesen in einer im Sommer 1981 bekanntgewordenen Studie darauf hin, daß ein gezielter Kernwaffenangriff auf ein Kernkraftwerk eine mehrere 100 km lange und etwa 100 km breite zigarrenförmige Zone nachhaltig verseucht. Unter normalen Windverhältnissen würde ein solcher Angriff auf ein Kernkraftwerk in der Bundesrepublik aber auch Gebiete der angrenzenden Länder des Warschauer Paktes – DDR, Tschechoslowakei, Polen – verseuchen. In der Diskussion, die diese Mitteilung auslöste, wurde vor allem ins Feld geführt:

- Bei einem Atomkrieg ist es gleichgültig, ob die Wirkung von dem getroffenen Kernkraftwerk oder von der Bombe selbst ausgeht.

(3) In einer – hypothetischen – kriegerischen Auseinandersetzung zwischen der NATO und dem Warschauer Pakt, der derzeitig für die Bundesrepublik Deutschland einzigen bedrohlichen (und im Eintrittsfalle wahrhaft apokalyptischen) Kriegsperspektive, rechnen Verteidigungsexperten nicht damit, daß Kernkraftwerke oder auch Kernenergieanlagen als Mittel zur Verschärfung des Krieges genutzt werden, dies schon aufgrund der simplen Überlegung, daß beide Gegner über Kernkraftwerke in größerer Zahl verfügen, zumal auch in den Räumen, die von diesen Auseinandersetzungen in erster Linie betroffen sein würden[115]. Bei dieser Lage ist es wahrscheinlich, daß in einem zukünftigen Krieg die Bombardierung von Kernenergieanlagen ausdrücklich oder stillschweigend geächtet und/oder unterlassen wird, so wie dies für den Einsatz von Giftgas im Zweiten Weltkrieg und von Kernwaffen in allen seitherigen kriegerischen Auseinandersetzungen der Fall war. Diese Erwartung wird auch durch die Überlegung gestützt, ein Angriff auf die Kernkraftwerke könnte von dem Betroffenen als ein »Atomschlag« gewertet werden mit der Konsequenz einer Eskalation des kriegerischen Konflikts zu einem Nuklearkrieg. Auch das Kriegsvölkerrecht sieht in seinem gegenwärtigen Verhandlungsstand vor, daß Kernkraftwerke (ebenso wie Deiche und Staudämme) nicht angegriffen werden dürfen – selbst dann nicht, wenn sie militärische Ziele enthalten.

5.8.6 Tamuz

Im Verlauf des Krieges zwischen dem Irak und dem Iran griffen iranische Phantom-Jäger am 30. September 1980 das irakische Kernforschungszentrum in Tuwaitha bei Bagdad an. Hierbei sind offenbar weder der seit 1967 in Betrieb befindliche Schwimmbad-Forschungsreaktor vom sowjetischen Typ IRT noch der im Bau befindliche, weitgehend fertiggetellte, von

- Auch eine Bombardierung anderer industrieller Anlagen, z. B. von Werken der Chemie, kann zu vergleichbaren Wirkungen führen.
- Jenseits der deutsch/deutschen Grenze sind Kernkraftwerke ähnlich markiert wie diesseits.

Die Gegenargumente sind berechtigt.

[115] Auf eine parlamentarische Anfrage antwortete die Bundesregierung im November 1977 auch mit dem Argument, es sei wenig wahrscheinlich, daß ein potentieller Gegner, der die Absicht habe, die Bundesrepublik zu besetzen, um deren Wirtschaftspotential möglichst unbeschädigt zu nutzen, versuchen werde, Kernkraftwerke »bevorzugt anzugreifen, um durch Freisetzung radioaktiver Substanzen eine Geländeverstrahlung zu erzielen«.

Frankreich gelieferte Doppelblock-Forschungsreaktor des Typs Osirak mit der Bezeichnung Tamuz 1 und 2 unmittelbar getroffen worden, wohl aber Neben- und Hilfsanlagen-Gebäude, hier auch Kühlanlagen, die erheblich beschädigt wurden. Gerüchte, wonach es sich nicht um iranische, sondern um israelische Flugzeuge gehandelt habe, blieben unbestätigt. Das am Bau beteiligte französische und italienische Personal war größtenteils einige Tage vorher evakuiert worden.

Dies war nur das Vorspiel zu dem bislang spektakulärsten Angriff auf ein Kernkraftwerk. Nach einem Anflug von 950 km bombardierten israelische Flugzeuge am Pfingstsonntag, dem 7. Juni 1981, um 17.35 Uhr das irakische Kernforschungszentrum in Tuwaitha bei Bagdad und zerstörten bzw. beschädigten die Anlagen dieses Zentrums, insbesondere die beiden Reaktoren Tamuz 1 und 2 mit der Absicht, den Irak an der Fertigung von Bombenmaterial zu hindern. Alle israelischen Flugzeuge kehrten unversehrt zurück. Der Angriff fand an einem Sonntag statt, um, wie es hieß, Personal in dem Zentrum nicht zu gefährden. Israel erklärte dazu weiter, daß die beiden Tamuz-Reaktoren entweder am 1. Juli oder am 1. September fertiggestellt seien und dann beladen werden sollten. Man hätte also rechtzeitig handeln müssen, wenn man die Freisetzung von Radioaktivität vermeiden wollte.

Zu diesem »schwerwiegenden Ereignis mit Anlaß zu internationaler Besorgnis« gab der Generaldirektor der IAEO, S. Eklund, am 7. Juni 1981 bekannt:

- In Tuwaitha befinden sich drei Kernenergieanlagen, der in Betrieb befindliche 2 MW_{th}-Schwimmbeckenreaktor IRT-200 sowjetischer Herkunft und die beiden noch im Bau befindlichen Tank-Schwimmbecken-Reaktoren Tamuz 1 und Tamuz 2 von 40 bzw. 0,5 MW_{th}, beide französischer Herkunft. Der Brennstoff für die beiden Tamuz-Reaktoren war angeliefert, aber noch nicht eingebracht.
- Alle Anlagen und Brennstoffe unterlagen und unterliegen der Überwachung durch die IAEO auf Grund eines im Rahmen des Atomwaffensperrvertrages zwischen dem Irak und der IAEO abgeschlossenen Kontrollabkommens.
- Der Irak war seit dem Inkrafttreten des Atomwaffensperrvertrages im Jahre 1970 Vertragspartner. Die Überwachung sämtlicher kerntechnischen Anlagen habe stets zufriedenstellend durchgeführt werden können, und die letzte Inspektion fand im Januar 1981 statt und ergab keinerlei Beanstandungen.

Am 12. Juni 1981 wurden ergänzende Mitteilungen zu den Möglichkeiten einer Abzweigung von Kernmaterial gemacht, die in der Feststellung zusammengefaßt wurden, daß bei Reaktoren des getroffenen Typs eine Abzweigung von Brennelementen oder geringen Mengen erzeugten Plutoniums technisch nicht auszuschließen sei, aber mit hoher Wahrscheinlichkeit entdeckt würde.

Dieser Angriff hatte vier gravierende Konsequenzen:

- die zunehmende politische Isolierung Israels auch von den Ländern der westlichen Welt;
- eine Eskalation des Nah-Ost-Konfliktes;
- Zweifel an der Wirksamkeit der Sicherheitskontrolle nach dem Atomwaffensperrvertrag;
- lebhafte Auseinandersetzungen über das Thema Kernenergieanlagen und kriegerische Auseinandersetzungen, die im Ergebnis die Bereitschaft zur Akzeptanz der Kernenergie beeinträchtigten.

5.8.7 Ausblick

Der berühmte amerikanische Atomphysiker Alvin M. Weinberg, langjähriger Direktor des Institute for Energy Analysis in Oak Ridge/Tennessee, hat die Kernenergie einmal als »faustischen Pakt« bezeichnet[116]. Kernenergiegegner haben diese Aussage aus prominentem Munde zum Anlaß genommen, vor der Kernenergie zu warnen: sie verändere unsere Gesellschaft wegen der Qualität, der räumlichen Dimension und der Dauerhaftigkeit der von ihr ausgehenden Gefahren und der zu ihrer Abwendung erforderlichen umfassenden Kontrollen. Zur Abwehr dieser Bedrohungen sei der faustische Pakt mit einem allgegenwärtigen Überwachungsstaat unabweislich.

Gegen diese Interpretation seiner Aussage hat sich Weinberg inzwischen nachdrücklich gewandt. Seinen bereits an anderer Stelle zitierten Festvortrag am 12. Juni 1975 in Karlsruhe schließt er mit folgenden Worten: Meine Aussage vom faustischen Pakt »ist verschiedentlich so interpretiert worden, als hätte ich gesagt, die Kernenergie sei teuflisch, wir sollten nichts damit zu tun haben. Wer zu diesem Schluß kommt, vergißt jedoch, daß Goethes Faust zwar einen Pakt mit dem Teufel

[116] A. M. Weinberg, »Social Institutions and Nuclear Energy«, Science 177, 27–34 (7. Juli 1972).

geschlossen hat, am Ende aber erlöst wird, erlöst durch Wissen und durch den Glauben. Wenn wir uns zu dem großen nuklearen Vorhaben anschicken, glauben wir doch sicherlich, daß unser menschlicher Verstand diese neue Energiequelle meistern wird. Aber wir haben viel mehr als nur den Glauben. Jetzt, da wir in das Zeitalter der Reife der Kernenergie eintreten, verfügen wir über begründete wissenschaftliche Beweise dafür, daß sich unsere Technik auch weiterhin verbessern wird. Wir werden wissend in den wirklich technischen Problemen von Reaktoren und haben bisher alle Schwierigkeiten geduldig und in schwerer Arbeit gelöst. Die Kernenergie zugunsten einer vagen Zauberformel wie der Fusion, der Sonnenenergie oder der geothermischen Energie abzulehnen, scheint mir eher zu einer katastrophalen Abwärtsentwicklung zu führen. Wir müssen die Technik der Kernspaltung verantwortungsbewußt weiterverfolgen. Wir müssen aus unseren Fehlern lernen und uns in dem Maße, in dem wir lernen, durch Wissen erlösen, so wie Faust sein Unterpfand durch Wissen und Glauben zurückgewonnen hat.«

Wenn sich Kernenergiegegner mit dem Argument »Überwachungsstaat« gegen die Kernenergie wenden, so geschieht dies in der Überzeugung, der Entwicklung dieser Technik könne noch ein Ende gesetzt werden, es gäbe – nach Robert Jungk – noch eine Chance, nicht nur den Ausbau der Kernenergie zu stoppen, sondern auch die bestehenden Kernenergieanlagen zu schließen und abzutragen. Wie man auch immer zur Kernenergie stehen mag, offenbar kann nirgendwo Zweifel bestehen, daß weltweit diese »Chance« vertan ist. Aber selbst, wenn es gleichwohl gelingen sollte, der zivilen Kernenergieentwicklung weltweit ein Ende zu setzen, wäre kaum etwas gewonnen: Inzwischen ist in der Welt soviel nukleares Potential für kriegerische Zwecke aufgebaut worden, daß es keinen Unterschied mehr ausmacht, ob wir die gesamte zivile Kernenergienutzung streichen oder nicht (W.-J. Schmidt-Küster in ›Kernenergie – offen bilanziert‹, Frankfurt/M. 1976, S. 86). Der Kernphysiker Victor S. Weisskopf im MIT, Boston, weist zutreffend darauf hin, daß mehr als 50000 Atombomben weltweit in Bereitschaft sind. »Angesichts dieser ungeheuren und allgegenwärtigen Bedrohung wird die Kontroverse über die (friedlich genutzte) Kernenergie zur Lappalie.« Das Dilemma, so sieht es der Verfasser, liegt darin, daß eben diese Atombombe das Gleichgewicht zwischen den Supermächten hergestellt hat und gewährleistet. So

absurd diese Aussage auch erscheinen mag: diese Bombe hat uns in der Zeit seit dem letzten Weltkrieg vor einem neuen Weltkrieg bewahrt!

5.9 Das Akzeptanzproblem

Häufig und nicht ohne Berechtigung wird argumentiert, jede umwälzende neue Technik sei zunächst abgelehnt worden. Das Akzeptanzproblem sei somit nicht neu.

In der Tat liefert uns die Geschichte der Technik bedrückende – im nachhinein aber eher erheiternde – Beweise für dieses Phänomen. So wandte sich die ›Kölnische Zeitung‹ in ihrer Ausgabe vom 28. März 1819 gegen die Einführung der Gas-Straßenbeleuchtung,

- weil sie als Eingriff in die Ordnung Gottes erscheint;
- weil die Kosten dieser Beleuchtung durch indirekte Steuer aufgebracht werden sollen;
- weil sie nachteilig auf die Gesundheit schwachleibiger und zartnerviger Personen wirkt;
- weil die Sittlichkeit durch Gassenbeleuchtung verschlimmert wird und
- weil sie die Pferde scheu und die Diebe kühn macht[117].

Hier sind praktisch schon alle Argumente gegen die Kernenergie vorweggenommen.

Auf noch deutlicheren Widerstand stieß der Bau der Eisenbahnen im zweiten Viertel des vergangenen Jahrhunderts: »Ortsveränderungen mittelst irgendeiner Art von Dampfmaschinen sollten im Interesse der öffentlichen Gesundheit verboten sein. Die raschen Bewegungen können nicht verfehlen, bei den Passagieren geistige Unruhe, »Delirium furiosum« genannt, hervorzurufen. Selbst zugegeben, daß Reisende sich freiwillig der Gefahr aussetzen, muß der Staat wenigstens die Zuschauer beschützen, denn der Anblick einer Lokomotive ... genügt, diese schreckliche Krankheit zu erzeugen. Es ist daher unumgänglich nötig, daß eine Schranke, wenigstens sechs Fuß hoch, auf beiden Seiten der Bahn errichtet werde.«[118]

Wir sollten uns aber vor der Auffassung hüten, die gegenüber

[117] Mitgeteilt von den Stadtwerken Bochum GmbH und abgedruckt in »Sachverhalte« Nr. 10/1980.

[118] Dem Verfasser mitgeteilt von Prof. D. W. Linder, Chefredakteur des Wirtschaftsteiles der Neuen Zürcher Zeitung; aus einem Gutachten bayerischer Ärzte.

der Kernenergie ablehnende Haltung gehe ohne unser Zutun einfach nur deshalb vorüber, weil wir uns an sie gewöhnen. Bei früheren Techniken war dies der Fall. Anders als damals ist die Abwehrhaltung gegenüber der Kernenergie aber nicht mehr ein sporadisches Phänomen, sondern – dank der Wirkung der Informationsmedien – weithin abgestimmt und damit ein nicht zu unterschätzendes Element der politischen Willensbildung[119].

5.9.1 Themen der Auseinandersetzung zwischen Befürwortern und Gegnern der Kernenergie

In den vergangenen 30 Jahren wurde die Entwicklung der *Kernenergie* mit verschiedenen Argumenten *gefordert*. In zeitlicher Reihenfolge waren dies:

- der technische Appeal der Kernenergie,
- die Versorgungssicherheit, die die Kernenergie gewährleistet,
- der Kostenvorteil der Kernenergie,
- die Begrenzung der Ressourcen an fossilen Brennstoffen,
- die Sicherung des Wirtschaftswachstums,
- und nun das Ölsubstitutionspotential der Kernenergie.

Auch die Argumente der *Kernenergiegegner* haben sich gewandelt. Nacheinander, aber keineswegs sich ablösend wurde geltend gemacht:

(1) Auch bei störfreiem Betrieb wird die Umgebung von Kernkraftwerken unzumutbar mit Strahlen belastet.
(2) Flüsse und Atmosphäre werden unzumutbar aufgeheizt.
(3) Das Risiko eines katastrophalen Reaktorunfalls ist zu groß.
(4) Kernkraftwerke sind unwirtschaftlich.
(5) Die Uranversorgung ist nicht gewährleistet.
(6) Die Entsorgung ist nicht sichergestellt.
(7) Die Kernenergieentwicklung führt zum Atomstaat.
(8) Die Zurücknahme der Wachstumsziele gestattet einen Verzicht auf die Kernenergie.

Dieser Katalog von Argumenten ist sicherlich nicht vollständig. Mit jedem einzelnen setzt sich dieses Buch auseinander. Hier sei nur am Rande bemerkt, daß die beiden ersten Argumente kaum noch eine Rolle spielen. Das vierte und das fünfte halten, wie die bei Auseinandersetzungen gewonnenen Erfahrungen zeigen, einer kritischen Prüfung nicht stand. Ernst zu

[119] Vgl. H.-P. Sonnenborn, Kernenergie und Wirtschaftswachstum, Energiewirtschaftliche Tagesfragen Heft 1/1981, S. 8.

nehmen sind nur das dritte, das Risikoargument, und die drei letzten Argumente: Entsorgung, Atomstaat, Entbehrlichkeit. Das dritte ist zweifellos das schwerwiegendste, jedenfalls am schwierigsten zu widerlegen.

5.9.2 Das Unbehagen

Das in diesen – und anderen – kritischen Argumenten zum Ausdruck kommende Unbehagen hat sich vor allem seit 1973 in einem solchen Maße zu einer Abwehrhaltung verdichtet (vgl. S. 346ff.), daß die fehlende Bereitschaft, die Kernenergie zu akzeptieren, demoskopisch meßbar ist (vgl. S. 365f.).

Das Akzeptanzphänomen ist von seiten der Kernenergiebefürworter wie auch der Kernenergiegegner sozialpsychologisch analysiert worden. Die fehlende Akzeptanzbereitschaft, eine von Kernkraftbefürwortern gelegentlich als kollektive Verhaltensstörung charakteristische Abwehrhaltung[120], hat wohl ihre Ursache darin, daß der Mensch nicht mehr fähig ist, sich in der komplizierter gewordenen, nicht mehr durch gewohnte Überlieferungen geprägten Welt zurechtzufinden. In dieser hochgradig technischen Welt verliert der Mensch mehr und mehr seine Orientierung und seine Geborgenheit, er ist verunsichert, er hat Angst. Er befindet sich in einer Identitätskrise.

Mit sechs Thesen soll versucht werden, diese Abwehrhaltung gegenüber der Kernenergie in einen größeren Rahmen einzuordnen[121].

(1) Das Produkt – die Elektrizität – wird akzeptiert, nicht aber die Produktion – das Kernkraftwerk; etwa nach dem Muster der Aussage: Wofür brauchen wir Kernkraftwerke? Wir haben ja die Steckdose!

(2) Abgelehnt wird die moderne Industriegesellschaft. Vor allem wird die Industrie selbst dämonisiert. Sie schafft zwar Reichtum, zerstört aber das Leben. Die Kernenergie spielt als Objekt der Ablehnung nur eine Stellvertreterrolle[122], wozu sie geradezu verleitet wegen der ungewohnten Dimensio-

[120] Neue Zürcher Zeitung vom 13. 9. 1977.

[121] Der Verfasser dankt den Kollegen H. Ch. Röglin und L. Baumanns, Institut für angewandte Sozialpsychologie, Düsseldorf, für Anregungen zu der ersten und den beiden letzten Thesen.

[122] Vgl. E. K. Scheuch, Kontroverse um Energie – ein echter oder ein Stellvertreterstreit?, Vortrag am 22. 1. 1980 in Mainz, abgedruckt in H. Michaelis (Hrsg.), Existenzfrage Energie, Düsseldorf 1980, S. 270f.

nen ihrer neuartigen technischen Probleme, ihrer Anlagen und Einrichtungen und ihrer tatsächlichen oder vermeintlichen Risiken. E. Scheuch (a.a.O.) stellt fest: »Dieses Thema (die Kernenergie) eignet sich, um verschiedene Gefühle und Vorstellungen zu bündeln in eine Anklage gegen das politische System: die Klagen über die Rücksichtslosigkeit der Konzerne, die zunehmende Bedeutung von Sorge um die eigene Gesundheit, die Schuldgefühle über die eigene Lebensweise, die gestiegenen Ansprüche an die Qualität der Umwelt, die Angst vor dem Atom. Ökologie schrumpft im Bedeutungsgehalt zur Kernkraftpolitik und erhält damit eine Virulenz, die das Thema Ökologie als Sorge um viele Qualitäten unserer Umwelt nicht hatte.«

(3) Gravierend ist in diesem Kontext, daß auch der aufgeschlossene Bürger nicht zu unterscheiden vermag zwischen dem für die Kernenergie spezifischen enormen »Schadenspotential« eines katastrophalen nuklearen Unfalls und dem durch die überaus geringe Eintrittswahrscheinlichkeit eines so folgenreichen Unfalls bestimmten »Risiko« (vgl. S. 729).

(4) In den Ländern der westlichen Welt mit parlamentarischen Demokratien, deren politische Willensbildung an der Basis erfolgt, tritt eine besondere Schwierigkeit hinzu: Für den Bürger sind Entscheidungen zur Kernenergie zu allererst Entscheidungen über Standorte von Kernenergieanlagen. Die unmittelbar Betroffenen sind daher allzugern geneigt, einen nahen Standort abzulehnen und nach dem St. Florians-Prinzip für jeden nur nicht benachbarten Standort zu plädieren. Hier liegt auch der Schlüssel für die Erfolge der örtlichen Bürgerinitiativen und übrigens auch die Erklärung für die ungleich geringeren Akzeptanzschwierigkeiten in traditionell zentralistischen Demokratien, wie Frankreich.

(5) Es ist unmöglich, dem mündigen Bürger komplexe physikalisch-technische Zusammenhänge verständlich zu machen und ihn in den Stand zu versetzen, hierüber zu urteilen. Die Vermittlung des Verständnisses von Techniken ist kein Problem der Information, sondern ein Problem des Vertrauens. Ohnehin wird der Bürger durch die Überfülle an Informationen überfordert.

(6) Der Versuch, der Kernenergie vermittels eines Bürgerkatalogs[123] zu mehr Akzeptanz zu verhelfen, kann nur begrenzt

[123] Im Rahmen des Bürgerdialoges Kernenergie wurden 1976 bis 1979 1108 Veranstaltungen mit durchschnittlich jeweils zwei Veranstaltungstagen durchge-

gelingen, denn ein Dialog setzt voraus, daß die Entscheidung noch offen ist. Nach der erklärten Politik der Bundesregierung, die diesen Dialog initiierte, ist dies aber nicht mehr der Fall[123a].

Bei den Auseinandersetzungen um die Kernenergie wird in aller Regel ein Aspekt – bislang – nicht beachtet: Geht man davon aus, daß die Menschheit sich kaum noch zu einem Verzicht auf die Nutzung der Kernenergie entschließen wird, so lautet die Frage nicht »Kernenergie ja oder nein?« sondern nur noch »wieviel Kernenergie?« Es ist daher allein abzuwägen zwischen dem *Mehr* an Risiko, Akzeptanzschwierigkeiten usw., das mit einem stärkeren Ausbau der ohnehin als erforderlich erachteten Kernenergie verbunden ist, und dem *Mehr* an ausreichender, sicherer und billiger Energieversorgung, das dieser zusätzliche Kernenergiebeitrag für die Volkswirtschaft bringt. In dieser allein sinnvollen (quantitativen) Abwägung spricht ungleich mehr für den Ausbau der Kernenergie als bei einer Abwägung, die beschränkt ist auf die Frage ja oder nein.

5.9.3 Besondere Fragen zum Akzeptanzproblem

(1) Es wurde die Frage gestellt, ob nicht die Erschwerung der Energieversorgung der Kernenergie zur Akzeptanz verhelfen könnte[124]. Sicherlich steigt seit der Irankrise die Zahl der Befürworter der Kernenergie. Es wäre aber verfehlt, von einem Umbruch zu sprechen, zumal die Akzeptanzbereitschaft bei – vorübergehender – Verbesserung der Energieversorgung durchaus wieder zurückgehen könnte.

führt. Dieser Dialog wurde auch 1980 fortgesetzt. Ziel des Dialogs »Kernenergie und ihre Alternativen« ist »die Information und Diskussion über die Notwendigkeit und Sicherheit, über Nutzen und Risiken der friedlichen Nutzung der Kernenergie in der Bundesrepublik Deutschland im Rahmen energie-, wirtschafts- und gesellschaftspolitischer Gesamtzusammenhänge« (Merkblatt 1980 des BMFT). In diesem Rahmen werden auch Beiträge von Skeptikern und Kritikern der Kernenergie zur Diskussion gestellt.

[123a] Bundeskanzler H. Schmidt erklärte auf der European Nuclear Conference im April 1979 in Hamburg, der in der Entwicklung der Kernenergie Engagierten habe eine »Bringschuld« zur Information der Bevölkerung. Nach Meinung des Verfassers geschieht hier genug, wenn man auch über Formen, Auswahl, Inhalte, kurz über die Eignung der Informationen, die der Bevölkerung gegeben werden, streiten mag. Nicht an Informationen mangelt es, sondern an der Bereitschaft diese Informationen anzunehmen.

[124] So z. B. E. Merz, Wird die Kernenergie durch die Energiekrise akzeptabel?, atomwirtschaft Heft 1/1981, S. 32.

Die Kernenergie ist in einem Dilemma, weil ihr – potentieller – Versorgungsbeitrag erst in der Zukunft liegt. Zutreffend stellt K. H. Biedenkopf fest, es sei in einem demokratischen Entscheidungsverfahren ungewöhnlich schwierig, »Dringlichkeiten von morgen zu Prioritäten von heute zu erklären und sie gegen Dringlichkeiten von heute durchzusetzen«[125].

(2) Damit sind wir bei der Kernfrage angelangt. In der Auseinandersetzung um die Akzeptanz der Kernenergie stehen sich zwei geradezu archetypische Grundauffassungen einander gegenüber:

- Auf der einen Seite der Glaube an die Technik, an den Fortschritt, an das Wachstum und an die geltende liberale Wirtschafts- und permissive Gesellschaftsordnung, basierend auf der Auffassung, daß alles Denken und Handeln letztlich rational bestimmt ist und in diesem Rahmen die Kernenergie ihren wohldefinierten ökonomischen und damit auch politischen und gesellschaftlichen Platz haben muß.
- Auf der anderen Seite der Glaube, daß das »Paradigma der ›fortschrittlichen‹ Wachstumsgesellschaft« überholt ist und damit auch das prioritäre energiepolitische Anliegen dieser Gesellschaft, »vorsorglich« Kernkraftwerke zu bauen. »Dieses Vorsorge-Argument verschleiert die Optionen, insbesondere die Konkurrenz der Energiesparmaßnahmen und der Kernenergie um Kapital als dem eigentlichen energiepolitischen Engpaß«[126]. Vorrangig wäre daher nicht der Ausbau des Energieerzeugungspotentials, sondern die Reduktion der Nachfrage durch rationellere Energienutzung. Wie O. Renn überzeugend darlegt[127] und die meisten Promotoren dieser Auffassung fordern oder wenigstens hinnehmen (vgl. unter 2.4.6), kann dies aber nur in einer geänderten Gesellschafts- und Wirtschaftsordnung erreicht werden.

(3) Von hier führt nur noch ein Schritt zu dem Bekenntnis: »Selbst wenn alle KKW's absolut risikofrei gebaut sind ... gerade das wäre die Katastrophe!«[128] Es komme darauf an, die

[125] K. H. Biedenkopf, Bietet die Marktwirtschaft langfristig die Gewähr einer optimalen Bewertung und Verteilung begrenzter Energieressourcen?, in H. Rühle und M. Miegel (Hrsg.), Energiepolitik in der Marktwirtschaft, Bonn 1980, S. 13.

[126] K. Traube, Die sinnlose Verschwendung ist das eigentliche Problem, Frankfurter Rundschau vom 4. Dezember 1980.

[127] O. Renn, Die sanfte Revolution, Essen 1980.

[128] Pfarrer Koller in einem Leserbrief, veröffentlicht am 22. April 1980 im Schweinfurter Tagblatt.

Menschheit von der »Energiesucht« zu heilen! Um es deutlich zu machen: hier wird – sicherlich extrem und singulär – die Kernenergie nur deshalb verurteilt, weil ihr möglicher Beitrag zur Energieversorgung uns an einer Umstellung von der Marktwirtschaft auf eine Zuteilungswirtschaft, jedenfalls einer Wirtschaft ohne Energiesucht, hindern könnte.

5.9.4 »Sozialverträglichkeit«

Die erste Enquete-Kommission »Zukünftige Kernenergie-Politik« hat ihren Arbeiten vier Kriterien für die Bewertung von Energiesystemen zugrundegelegt:

- Wirtschaftlichkeit,
- internationale Verträglichkeit,
- Umweltverträglichkeit,
- Sozialverträglichkeit.

(Tatsächlich ließ die Kommission das Wirtschaftlichkeitskriterium – aus Zeitgründen – außer Betracht und berücksichtigte das Kriterium internationaler Verträglichkeit nur am Rande.)

Nach K. M. Meyer-Abich[129] geht es bei der Sozialverträglichkeit um die Prüfung der Akzeptabilität oder um die Bewertung technischer Innovationen in bezug auf die gesellschaftliche Ordnung und Entwicklung. Die Sozialverträglichkeit engt den Begriff der »sozialen Akzeptanz« als Gegenstand der empirischen Sozialforschung insofern ein, als sie die Meinungsbilder auch darauf prüft, ob sie im Einklang mit der verfassungsmäßigen Ordnung stehen. Nach K. M. Meyer-Abich trägt die Untersuchung der Sozialverträglichkeit somit dazu bei, gesellschaftlich akzeptable Lösungen zu finden.

Nach dem Bericht der Enquete-Kommission (S. 13 der Bundestagsdrucksache 8/4341) ist ein Energiesystem *sozialverträglich*, d.h. für den einzelnen und für die Gesellschaft mit der sozialen Ordnung und Entwicklung vereinbar, wenn es

(1) die verfassungsrechtlich gewährleisteten Grundrechte und Prinzipien – Rechtsstaatlichkeit, Revidierbarkeit politischer Entscheidungen usw. – weder einschränkt noch gefährdet;
(2) Freiräume für persönliche Entscheidungen in der Lebensführung offenhält;
(3) für die Zukunft die wirtschaftlichen und technischen Ent-

[129] U. Steger und K. M. Meyer-Abich, Handlungsspielräume der Energiepolitik, Villingen 1980, S. 138.

wicklungen nicht soweit festschreibt, daß dadurch »die Flexibilität künftiger Generationen hinsichtlich Wertvorstellungen und Lebensformen beeinträchtigt wird«; dazu gehört auch, »die Verfügbarkeit von Ressourcen nicht so zu reduzieren, daß künftige Generationen schlechter gestellt sein werden als die heutige Menschheit«;

(4) möglichst weitgehend von regenerativen oder praktisch unerschöpflichen Energiequellen Gebrauch macht;

(5) reibungslose Übergänge auf zukünftige Energiesysteme gestattet;

(6) auf breiterem politischen Konsens beruht.

Bis auf das letztgenannte, sechste Kriterium (s. unten) ist gegen diesen Kriterienkatalog sicherlich nichts einzuwenden. Es kommt nur darauf an, wie diese Kriterien interpretiert werden. Wenigstens auf den ersten Blick lassen sich aus diesen Kriterien für die Kernenergie negative Voten ableiten. Daß auch das Gegenteil möglich ist, zeigen die folgenden Bemerkungen:

Zu (1) Auch eine politische Entscheidung, die vorhandenen nutzbaren Vorräte an fossilen Brennstoffen beschleunigt abzubauen, ist nicht revidierbar. (Der Verfasser fragt sich, ob die Forderung, politische Entscheidungen müßten im Mehrparteiensystem revidierbar sein, nicht an der Realität vorbeigeht.)

Zu (2) Die Gestaltung der persönlichen Lebensführung hängt nicht davon ab, ob der Strom, der aus der Steckdose entnommen wird, aus Kohle oder Kernenergie erzeugt ist. Man könnte vielmehr argumentieren, je uneingeschränkter und kostengünstiger Elektrizität – dank Kernenergie – zur Verfügung steht, umsomehr Freiräume stehen für die persönliche Lebensführung zur Verfügung.

Zu (3) Es wäre auch vorstellbar, daß künftige Generationen meinen, eine (nach heutiger Erkenntnis denkbare aber keineswegs gesicherte) Aufheizung der Atmosphäre als Folge einer Anreicherung von CO_2 beeinträchtige sie »hinsichtlich Wertvorstellungen und Lebensformen«.

Zu (4) Gerade die Kernenergienutzung stützt sich auf praktisch unerschöpfliche Energiequellen.

Zu (5) Wenn man davon ausgeht, daß die fossilen Brennstoffe knapper und teurer werden und auf längere Sicht – wenigstens teilweise – substituiert werden müssen, so werden durch den – möglicherweise nur vorübergehenden – Einsatz der Kernenergie Übergänge auf zukünftige Energiesysteme eher erleichtert als erschwert.

Diese fünf Bemerkungen am Rande haben keineswegs zum Ziel, die Entwicklung der Kernenergie zu rechtfertigen. Sie sollen nur zeigen, daß sich aus den genannten Kriterien sowohl ein pro- als auch ein kontra-Standpunkt ableiten läßt. Es mag dem Leser überlassen bleiben, darüber zu urteilen, ob dieser Kriterienkatalog zur Sozialverträglichkeit Erkenntnisse vermittelt, die uns besser in den Stand setzen, die Frage »Kernenergie ja oder nein« zu beantworten.

In den jüngsten Auseinandersetzungen um die Akzeptanz der Kernenergie spielt das letzte, sechste Kriterium eine herausragende Rolle. Die Forderung, nur Energiesysteme zu entwikkeln, die »von einem breiteren politischen Konsens getragen werden«, ist bestechend. Man sollte aber die folgende – kaum zu bestreitende – politische Situation nicht übersehen: Eine Regierung, die – auf welchem Gebiete auch immer – nur Entscheidungen trifft, die auf einem breiten politischen Konsens beruhen, ist weitgehend handlungsunfähig. Was in schwierigen Lagen nottut – und wer will leugnen, daß die Energielage schwierig ist –, sind mutige, in aller Regel unpopuläre Entscheidungen. Warten auf breiten politischen Konsens ist gleichbedeutend mit Attentismus, die wohl schlechteste energiepolitische Handlungsmaxime. Am allerwenigsten zu rechtfertigen, nein, verhängnisvoll wäre es aber, wenn ein politischer Entscheidungsträger argumentiert, solange ein breiter politischer Konsens fehlt, unterlasse ich nicht nur Entscheidungen, sondern auch jede klare Aussage zu der Gretchenfrage unserer Zeit: Wie hältst du es mit der Kernenergie?

Werden Entscheidungen pro Kernenergie vom politischen Konsens abhängig gemacht, so kann sich zudem eine ausweglose Lage einstellen: Solange auf den Konsens gewartet wird, gibt es keine Realisationen und damit auch keine Möglichkeiten des Nachweises der Bewährung. Gerade dieser Nachweis wäre aber notwendig, um zu einem Konsens zu gelangen. Angesichts der Zahl der zufriedenstellend arbeitenden Kraftwerke ist eine solche ausweglose Lage für die Leichtwasser-Linie nicht mehr gegeben. Wohl kann dies aber für die Wiederaufarbeitung und den Brüter der Fall sein.

5.9.5 Abschließende Bemerkung

Für zahlreiche engagierte Kernenergiegegner ist diese Energie heute in einem solchen Maße zum Negativsymbol für Technik,

Fortschritt, ja selbst für die freiheitlich-demokratische Grundordnung geworden, daß sich ihr Widerstand gegen die Gesamtheit dieser Werte und Ordnungen richtet. Die Frage, ob die Kernenergie akzeptiert werden soll, wird daher mehr oder minder mit der Frage verknüpft, ob wir diese Werte und Ordnungen erhalten oder verwerfen sollen. Diese Tendenz zur Verknüpfung ist nicht etwa Ausdruck eines unlösbaren Zusammenhangs, sondern vielmehr Ergebnis der politischen Entwicklung. Hier sieht der Autor noch am ehesten eine Chance, einen Ausweg aus dem Akzeptanzdilemma zu finden. Vor die Wahl gestellt, ob er das »System« als Ganzes ablehnen oder die Kernenergie im Rahmen des bestehenden Systems akzeptieren soll, wird sich die überwiegende Mehrzahl der mündigen Bürger wohl für die weniger verändernde Alternative entscheiden.

6. Internationale Politik gegen eine Verbreitung von Kernwaffen

»Der Krieg ist der Vater aller Dinge«; dieses in mehr als zwei Jahrtausenden immer wieder bestätigte Wort von Heraklit erklärt wesentlich den weitverbreiteten Widerstand gegen die friedliche Verwendung der Kernenergie, die – allen bewußt – zuerst für militärische Zwecke entwickelt und eingesetzt wurde. Diese Besorgnis wurde schon recht früh geäußert. Leo Szilard schrieb bereits im Februar 1939, also nur zwei Monate nach der grundlegenden Entdeckung von Otto Hahn und Fritz Straßmann, von New York an seinen französischen Kollegen Frederic Joliot: »Wenn mehr als ein Neutron freigesetzt wird, ist eine Kettenreaktion durchaus möglich. Unter bestimmten Bedingungen könnte dies die Herstellung von Bomben erlauben, welche in jedem Falle äußerst gefährlich wären, vor allem in der Hand bestimmter Regierungen.«[1] Diese beiden Sätze definieren die Sorge um eine Verbreitung von Kernwaffen, das Problem der Non-Proliferation in vollkommener Weise.

Es sollte aber nicht übersehen werden, daß die Befürchtung einer erneuten Verwendung dieser Energie für kriegerische Zwecke keineswegs zu einer weltweit übereinstimmenden entschlossenen Abwehrhaltung geführt hat. Das was heute als Politik gegen eine Verbreitung von Kernwaffen – Non-Proliferations-Politik – oder auch als internationale Nuklearpolitik im engeren Sinne bezeichnet wird, ist bemerkenswert differenziert und vielfach widersprüchlich. Vor allem umstritten sind die Mittel und Wege, die verhindern sollen, daß die friedliche Kernenergienutzung für militärische Zwecke mißbraucht wird. Ein historischer Rückblick auf die 36 Jahre, die seit der ersten Zündung von Atombomben verflossen sind, zeigt dies deutlich[2].

[1] Mitgeteilt von B. Goldschmidt, CEA, in einer Ansprache auf der Konferenz der IAEA in Salzburg im Mai 1977.

[2] Die nachfolgende Darstellung der Nicht-Verbreitungs-Problematik stützt sich auf eine Vielzahl von Quellen. Für den interessierten Leser seien die folgenden zusammenfassenden und leicht verständlichen Publikationen hervorgehoben:

- [US Congress] Senate, Committee on Foreign Relations: »West European Nuclear Energy Development: Implication for the United States« US Govt. Print. Off. June 1979 und die dort angegebene Literatur
- Helga Haftendorn »Die Krise des internationalen Nuklearsystems«, Aus Politik und Zeitgeschichte, B 5/79, S. 3–27, und die dort zitierte Literatur

6.1 Atoms for Peace!

6.1.1 Der Lilienthal-Baruch-Plan

Die Zusammenarbeit zwischen den Vereinigten Staaten und Großbritannien/Kanada bei der Entwicklung der Atombombe war geregelt durch das amerikanisch-britische Quebec-Abkommen von 1943. Schon diese erste Zusammenarbeit war schwierig. Die USA verweigerten 1944 ihren Partnern das Know-how der Plutoniumgewinnung, was Kanada zusammen mit Großbritannien dazu zwang, eigene Wege zu gehen mit dem Ergebnis der Entwicklung eines Wiederaufarbeitungsverfahrens auf flüssiger Basis, des Purex-Verfahrens, das heute allgemein angewandt wird – ein bemerkenswertes und zum Nachdenken Anlaß gebendes Ergebnis dieser ersten Non-Proliferations-Maßnahme. Immerhin waren sich aber die USA und Großbritannien/Kanada von Anfang an darin einig, auf keinen Fall andere Länder, vor allem nicht die Sowjetunion, an der Zusammenarbeit teilnehmen zu lassen. Nach Beendigung der Feindseligkeiten mit Japan im August 1945 wurde diese durch die Erfordernisse des Kriegs bedingte angelsächsische Zusammenarbeit und auch die mit Frankreich weitgehend aufgegeben.

Noch ganz unter dem Eindruck der Atombombenabwürfe auf Hiroshima und Nagasaki, die in dramatischer Dimension die bis dahin unvorstellbare Wirkung von Kernsprengkörpern allen vor Augen führte, beschloß der amerikanische Kongreß den Atomic Energy Act of 1946 (Public Law 79–585, auch bekannt als McMahon Act), mit welchem die USA ihr Monopol bei der Herstellung und Verwendung nuklearer Waffen bewahren wollten. Die nukleare Zusammenarbeit mit anderen Län-

- Karl Kaiser, zahlreiche Veröffentlichungen, so »Auf der Suche nach einer neuen Welt-Nuklearordnung«, Europa-Archiv Folge 6/1978, S. 153ff.; »Neue Dimensionen der internationalen Kernenergiepolitik«, Vortrag auf der Reaktortagung 1978, atw Juni 1978, S. 270ff. und »Kernenergie und die Nichtverbreitung von Kernwaffen in den achtziger Jahren«, Europa-Archiv, Folge 9/1980, S. 269ff.
- Wilhelm Wiese, »Der Nuclear Non-Proliferation Act of 1978. Entstehungsgeschichte, Gesetzesinhalt und Schlußfolgerungen« sowie »Nonproliferation – Stationen und Wandel einer Politik«, Atom + Strom Jg. 24 (1978), Heft 4, S. 81ff. und Heft 5 S. 124ff.
- Lothar Wilker (Hrg.), »Nuklearpolitik im Zielkonflikt. Verbreitung der Kernenergie zwischen nationalem Interesse und internationaler Kontrolle«, Verlag Wissenschaft und Politik, Köln 1980.

dern wurde durch dieses Gesetz daher drastisch eingeschränkt. Ganz in diesem Sinne drängten die USA 1946 in den Vereinten Nationen auf eine Internationalisierung der Kernenergie unter strikter amerikanischer Vorherrschaft, bekannt als Lilienthal-Baruch-Plan. Ziel dieses Vorstoßes war es vornehmlich, der Sowjetunion den Zugang zu Kernwaffen zu versperren. Dieser Plan scheiterte nach zweijährigen Verhandlungen am Widerstand der Sowjetunion[3]. Damit war auch die letzte Hoffnung der Menschheit begraben, ohne die Bombe leben zu können (B. Goldschmidt).

6.1.2 Die Eisenhower-Botschaft

Mit der Zündung der ersten sowjetischen Bombe im Jahre 1949 – weit früher als erwartet und in fatalem Zusammenhang mit dem Geheimnisverrat von Klaus Fuchs und Julius und Ethel Rosenberg –, vor allem aber nach dem erfolgreichen Test der ersten sowjetischen Fusions-Bombe im Jahre 1953, mußten die USA einsehen, daß ihre Bemühungen, einzige nukleare Bombenmacht zu bleiben, gescheitert waren.

In dieser neuen Lage änderten die USA radikal ihre Politik. Präsident D. Eisenhower verkündete am 8. Dezember 1953 in seiner berühmten Ansprache vor den Vereinten Nationen sein »Atoms for Peace«-Programm, mit dem eine Politik internationaler nuklearer Kooperation eingeleitet werden sollte, die essentiell zur Vorbedingung hatte, daß die Kooperationspartner sich einer rigorosen Kontrolle durch die Vereinigten Staaten unterwerfen. Dies geschah in der – vom Autor immer noch als richtig angesehenen – Erkenntnis, daß bei der inzwischen gegebenen Lage es besser sei, andere Länder an der Kernenergieentwicklung unter Kontrolle teilhaben zu lassen, als ohne eine solche Kontrolle der Entwicklung mit der Gefahr einer Verbreitung von Kernwaffen freien Lauf zu lassen. Der Atomic Energy Act of 1954 bestätigte diese neue Doktrin. Konsequenterweise führte diese Politik im Jahre 1955 zur ersten der bislang vier Genfer Atomenergiekonferenzen, auf der alle Stadien des Brennstoffzyklus – ausgenommen der Urananreicherung –

[3] Offenbar war – wenig bekannt – während dieser Zeit auch die sowjetisch-chinesische Zusammenarbeit recht eng. Jedenfalls lernte China sehr schnell, die nukleare Technologie zu beherrschen: China war in der Lage, schon bald nach dem im Jahre 1959 vollzogenen Bruch mit der Sowjetunion Kernsprengkörper herzustellen und – 1964 – zu zünden.

deklassifiziert wurden. Die Urananreicherung blieb weiterhin Monopol der Mächte, die über Kernwaffen verfügten.

Nach den ursprünglichen Vorstellungen der amerikanischen Administration sollte die dann 1957 auf Initiative der USA gegründete Internationale Atomenergie-Organisation (IAEO) in Wien die Aufgabe eines »Brokers« (Maklers) oder auch die eines Pools für Kernbrennstoffe übernehmen. Zu diesem Zwecke wollte Präsident D. Eisenhower angereichertes Uran mit insgesamt 5 t U_{235} – gegebenenfalls sogar noch mehr – zur Verfügung stellen. Dieser Plan wurde aber wieder aufgegeben, da die USA befürchteten, auf diesem Wege ihre Monopolstellung bei der Belieferung mit angereichertem Uran zu verlieren.

Nachdem dieser Plan erledigt war, bemühten sich die USA darum, der IAEO Schritt für Schritt die Aufgabe zu übertragen, darüber zu wachen, daß Länder, denen die USA durch Lieferung von Kernbrennstoffen oder nuklearen Ausrüstungen oder durch Transfer nuklearer Technologien Hilfen leisten, diese Hilfen nicht bestimmungswidrig für militärische Nutzungen mißbrauchen – dies alles wird als »Safeguards« bezeichnet. Die USA glaubten – und glauben –, daß eine internationale Organisation eine solche Überwachung wirkungsvoller vornehmen kann als dies auf bilateraler Basis, d.h. im Wege direkter Kontrolle des Bezieherlandes durch die USA, möglich wäre. Die USA hatten ein solches internationales Safeguard-System bereits 1959 gefordert. Damals war die Sowjetunion nicht bereit, solche Safeguards zu akzeptieren, da sie darin Einmischungen in die inneren Angelegenheiten anderer Länder sah. Dies sollte sich mit dem Inkrafttreten des Atomwaffensperrvertrags (NPT) im Jahre 1970 (s. unten) grundlegend ändern. Aber bereits lange vor dieser Zeit – 1961 – begann auf amerikanische Initiative die IAEO mit ersten Inspektionen und Kontrollen.

Das Atoms for Peace-Programm richtete sich vornehmlich an die europäischen Bündnisstaaten der USA, die in der Zeit des Kalten Krieges gestärkt werden sollten und für die zugleich die Kernenergie wegen der hohen heimischen Kohlepreise energiewirtschaftlich eher attraktiv zu werden versprach als dies in den USA erwartet wurde.

Sicherlich war die neue Politik der Vereinigten Staaten in erster Linie bestimmt durch das Bestreben, die durch die sowjetische Bombe bewußt gewordene Gefahr einer weiteren Verbreitung von Kernwaffen abzuwenden und zugleich die Entwicklung wieder in den Griff zu bekommen. Man sollte indes-

sen nicht verkennen, daß die USA im Rahmen dieser Politik auch die Möglichkeit sahen, der amerikanischen Reaktorbau- und Brennstoffkreislauf-Industrie Exportmärkte zu erschließen und die in der Kriegs- und unmittelbaren Nachkriegszeit geschaffenen Urananreicherungsanlagen zu beschäftigen – eine zweifache Erwartung, die sich in der Folgezeit unerwartet gut erfüllte. Bis Dezember 1975 erreichten die Nuklearexporte der USA einen Wert von 29 Mrd Dollar.

Im Rahmen dieser Politik vereinbarten die USA mit insgesamt 28 Ländern sowie mit EURATOM (siehe unten) Kooperationen zur Entwicklung von Reaktoren, zum Austausch von Kenntnissen und zur Versorgung mit Kernbrennstoffen, allesamt Vereinbarungen, die später, als die Politik geändert wurde, eine schwere Hypothek für die USA waren. Das amerikanische Atoms for Peace-Angebot veranlaßte nicht wenige Länder, die Kernenergie in engster Kooperation mit der amerikanischen Industrie und in Abhängigkeit von einer Kernbrennstoffversorgung aus den USA zu entwickeln, politische Optionen, die auch die Enttäuschung und den heftigen Widerstand dieser Länder erklären mögen, als die USA sich von dieser Politik in den 70er Jahren abwandten und dadurch ihre Kooperationspartner vor kaum überwindbare Probleme stellten.

Die USA setzten ihre Atoms for Peace-Politik bis Anfang der 70er Jahre konsequent fort. Von besonderem politischen Interesse war die noch 1972 von den USA erklärte Bereitschaft, das Gasdiffusions-know how europäischen Partnern – und auch Kanada – zur Verfügung zu stellen, wobei es hier nicht auf das Motiv ankommt, ob nämlich die USA mit diesem Angebot beabsichtigten, europäische Anreicherungsprojekte zu verhindern oder ob sie sich an solchen Projekten beteiligen wollten. So oder so kam dieses Angebot zu spät. Zehn Jahre früher wäre es wahrscheinlich angenommen worden.

6.1.3 EURATOM

Die amerikanische Politik koinzidierte in bemerkenswerter Weise mit der durch die Konferenz von Messina (1955) eingeleiteten Politik einer umfassenden, weit über die Kohle- und Stahlgemeinschaft hinausgehenden wirtschaftlichen Integration Europas, die im Ergebnis zur Schaffung der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft und der Europäischen Atomgemeinschaft (EURATOM) führten – beide Gemeinschaften nahmen

am 1. Januar 1958 ihre Tätigkeit auf. Im geschichtlichen Rückblick ist dabei erstaunlich, daß seinerzeit Frankreich EURATOM vor dem Gemeinsamen Markt absoluten Vorrang gab und nur bereit war, die vornehmlich von Deutschland geforderte Wirtschaftsgemeinschaft zu akzeptieren unter der Bedingung einer Annahme des in Deutschland wegen seiner strikten Kernbrennstoff-Versorgungsregelungen wenig geschätzten EURATOM-Vertrags.

Diese Feststellung ist auch deshalb erstaunlich, weil die Europäische Atomgemeinschaft Deutschland überhaupt erst die Möglichkeit gab, die Kernenergie für friedliche Zwecke zu entwickeln. Zwar entfiel das Verbot, Kernforschung zu betreiben, bereits 1955 mit der Aufhebung des Besatzungsstatus – übrigens im zeitlichen und auch sachlichen Zusammenhang mit dem von Bundeskanzler K. Adenauer bei der Verabschiedung der Pariser Verträge ausgesprochenen Verzicht auf Herstellung von atomaren, bakteriologischen und chemischen Waffen (ABC-Waffen) und der zugleich erklärten Bereitschaft, sich einer Kontrolle der Einhaltung dieses Verzichts durch die Westeuropäische Union zu unterwerfen. Aber erst die Europäische Atomgemeinschaft gab Deutschland, das weder über nennenswerte Uranvorkommen noch über eine Anreicherungsanlage, noch über kerntechnologische Kenntnisse und Erfahrungen verfügte, die Möglichkeit, in internationaler Kooperation die Kernenergie zu entwickeln. Bei aller Kritik an EURATOM sollte man nicht vergessen, daß die USA damals nur bereit waren, einem in eine europäische Gemeinschaft eingegliederten Deutschland die notwendigen Start- und Versorgungshilfen zu geben[4].

Die Europäische Atomgemeinschaft ist begrenzt auf die friedliche Kernenergienutzung. Militärische Anwendungen sind ausdrücklich ausgeschlossen. Die wesentlichen Elemente dieser Gemeinschaft sind ein gemeinsamer Markt für Kernbrennstoffe und Kernenergieanlagen (Kapitel IX), eine – im Ergebnis wenig erfolgreiche – Koordinierung der Kernforschungspolitik der Mitgliedstaaten, begrenzte gemeinsame Kernforschung in einer »Gemeinsamen Kernforschungsstelle« (Standorte Ispra/Italien, Karlsruhe/Deutschland, Geel/Belgien

[4] Japan, das gleichfalls erst Mitte der 50er Jahre in seiner Kernenergieentwicklung von Beschränkungen frei wurde, legte die ausschließlich friedliche Nutzung durch sein Atomenergiegrundgesetz fest und betrieb diese Entwicklung fortan in engster Kooperation mit den Vereinigten Staaten.

und Petten/Niederlande) (Kapitel I), eine liberale Politik der Verbreitung von Kenntnissen (Kapitel II), sowie – hier von besonderem Interesse – eine EURATOM direkt unterstellte »Versorgungsagentur« mit dem ausschließlichen Recht der Verfügung über Kernbrennstoffe (Kapitel VI) und eine gleichfalls in eigener Regie betriebene »Sicherheitskontrolle« gegen mißbräuchliche Verwendung von Kernbrennstoffen und kerntechnischen Anlagen (Kapitel VII). Diese beiden zuletzt genannten Aktivitäten werden durch eine Bestimmung gesichert, die in Deutschland stets Gegenstand ausgeprägten Argwohns war: »besondere spaltbare Stoffe« sind und bleiben im juristischen (nicht aber im wirtschaftlichen) Eigentum der Europäischen Atomgemeinschaft (Art. 86).

Das grundlegende, für den Start der Kernenergienutzung in Deutschland entscheidende Kooperationsabkommen zwischen den Vereinigten Staaten und EURATOM wurde bereits 1958 beschlossen, und ist 1959 in Kraft getreten. Gemäß diesem Abkommen wurden im Rahmen eines gemeinsamen Reaktorbauprogramms Kernkraftwerke amerikanischer Konzeption in den Ländern der Atomgemeinschaft errichtet und zu ihrer Weiterentwicklung gemeinschaftliche Forschungen durchgeführt. In Deutschland waren die Kernkraftwerke Gundremmingen, Lingen und Obrigheim in diese Programme eingeschrieben. Mit dem Bau und der Inbetriebnahme dieser drei Kraftwerke trat Deutschland ein in das Zeitalter der energiewirtschaftlichen Kernenergienutzung – ein damals einmütig gutgeheißener Schritt.

6.2 Der Atomwaffensperrvertrag

Nachdem die Sowjetunion Kernwaffenstaat geworden war, sahen die Vereinigten Staaten das vordringliche Proliferationsproblem zunächst – Anfang der 50er Jahre – darin, eine übermäßige Vermehrung der nuklearen Waffenarsenale sowohl in den USA als auch in der UdSSR oder, wie es hieß, eine »vertical proliferation« zu verhindern. Die USA waren sich zwar bewußt, daß durch die Atoms for Peace-Politik auch andere Staaten Zugang zu Kernbrennstoffen und Kenntnissen erhalten könnten, die dann möglicherweise die Fertigung von Atombomben gestatten würden, sie glaubten aber, daß die in den Agreements for Cooperation festgelegten Sicherungsvorkehrungen und Kontroll-

rechte zur Abwendung dieser Gefahr ausreichten. Erst nachdem auch Frankreich 1960 und China 1964 Kernwaffen hergestellt und gezündet hatten (Großbritannien war bereits 1952 Kernwaffenstaat geworden), mußten die USA befürchten, daß sich dieser Proliferationstrend fortsetzt. Hauptsorge war damit nicht mehr die »vertical proliferation«, sondern die »horizontal proliferation«, d.h. die Verbreitung von Kernwaffen in andere Staaten als die fünf, die bereits über solche Waffen verfügten. Diese Befürchtungen führten zu vereinten Bemühungen der USA, Großbritanniens und der Sowjetunion und leiteten weltweit eine neue Phase der Nichtverbreitungspolitik ein.

6.2.1 Das Verbot der Verbreitung von Kernwaffen

Am 1. Juli 1968 wurde der Vertrag über die Nichtverbreitung von Kernwaffen – der Atomwaffensperrvertrag – (englisch: Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons – NPT oder TNP) von den Bevollmächtigten der drei Signatarmächte, den Vereinigten Staaten von Amerika, dem Vereinigten Königreich von Großbritannien und Nordirland und der Union der Sozialistischen Sowjetrepubliken, gleichzeitig in Washington, London und Moskau unterzeichnet. Nachdem die Ratifizierungsdokumente von den Unterzeichnerstaaten und 44 weiteren Staaten hinterlegt worden waren, trat dieser Vertrag am 5. März 1970 in Kraft. Die Bundesregierung unterzeichnete den Vertrag am 28. November 1969. Nach Ratifizierung am 8. März 1974 und Hinterlegung der Beitrittsurkunde erlangte dieser Vertrag am 2. Mai 1975 dann auch für die Bundesrepublik Deutschland Rechtskraft. Eine Hinterlegung in Moskau unterblieb, da die Sowjetunion den üblichen Hinweis darauf, daß West-Berlin in diesen Vertrag einbezogen wird, nicht akzeptieren wollte. Da die beiden Depositarmächte USA und Großbritannien die Berlin-Erklärung jedoch entgegengenommen haben, ist sie nach amtlicher Bonner Darstellung rechtswirksam. Diese Berlin-Erklärung wurde inzwischen auch der Sowjetunion – ohne Widerspruch – zur Kenntnis gebracht.

Mit der Hinterlegung der Ratifikationsurkunde übergab die Bundesregierung auch eine gleichfalls von der Sowjetunion nicht akzeptierte Erklärung, deren Kernsatz lautet, »daß keine Bestimmung des Vertrages so ausgelegt werden kann, als behindere sie die weitere Entwicklung der europäischen Einigung, insbesondere die Schaffung einer Europäischen Union mit ent-

sprechenden Kompetenzen«. Dieser Auslegungssatz richtet sich gegen die Behauptung, der Atomsperrvertrag schließe die »europäische Option« aus, d.h. er setze der Möglichkeit der Ausstattung einer Europäischen Union mit verteidigungspolitischen Kompetenzen (einschl. der Verfügung über Kernwaffen) eine völkerrechtliche Barriere. Auch diese Erklärung ist via Mitteilung durch die beiden anderen Depositarmächte von der Sowjetunion ohne Widerspruch zur Kenntnis genommen worden.

Der Atomwaffensperrvertrag geht auf bereits im Jahre 1965 ergriffene bilaterale Initiativen der Vereinigten Staaten und der Sowjetunion zurück, denen sich Großbritannien alsbald anschloß. Er bestimmt in seinem Artikel I, daß die dem Vertrag beitretenden »Kernwaffenstaaten« an »Nichtkernwaffenstaaten« Kernwaffen nicht weitergeben dürfen. Artikel II untersagt den beigetretenen Nichtkernwaffenstaaten, Kernwaffen anzunehmen oder herzustellen. Diese beiden Artikel haben folgenden Wortlaut:

Artikel I: »Jeder Kernwaffenstaat, der Vertragspartei ist, verpflichtet sich, Kernwaffen und sonstige Kernsprengkörper oder die Verfügungsgewalt darüber an niemanden unmittelbar oder mittelbar weiterzugeben und einen Nichtkernwaffenstaat weder zu unterstützen noch zu ermutigen noch zu veranlassen, Kernwaffen oder sonstige Kernsprengkörper herzustellen oder sonstwie zu erwerben oder die Verfügungsgewalt darüber zu erlangen.«

Artikel II: »Jeder Nichtkernwaffenstaat, der Vertragspartei ist, verpflichtet sich, Kernwaffen und sonstige Kernsprengkörper oder die Verfügungsgewalt darüber von niemandem unmittelbar oder mittelbar anzunehmen, Kernwaffen oder sonstige Kernsprengkörper weder herzustellen noch sonstwie zu erwerben und keine Unterstützung zur Herstellung von Kernwaffen oder sonstigen Kernsprengkörpern zu suchen oder anzunehmen.«

Mit diesen beiden Artikeln konsolidiert der Vertrag die Einteilung der Staaten in solche, die über Kernwaffen verfügen, und andere, die eine solche Verfügungsmacht auch in Zukunft nicht erwerben können. Wenn sich gleichwohl eine große Anzahl von Nichtkernwaffenstaaten zur Ratifizierung dieses »ungleichen Vertrags« entschloß, so geschah dies in der Überzeugung, hierdurch werde das atomare Wettrüsten eingeschränkt und der Gefahr einer unkontrollierten Weitergabe begegnet.

Durchweg forderten diese Staaten zudem bei der Unterzeichnung, die in Artikel VI des Vertrages vorgesehenen Verhandlungen »über wirksame Maßnahmen zur Beendigung des nuklearen Wettrüstens ..., zur nuklearen Abrüstung und über einen Vertrag zur allgemeinen und vollständigen Abrüstung ...« alsbald aufzunehmen.

Bei den zunächst nur zwischen den Vereinigten Staaten, Großbritannien und der Sowjetunion geführten Verhandlungen über ein Abkommen, das die Verbreitung von Kernwaffen verhindern sollte, war immer wieder die Befürchtung laut geworden, ein solches Abkommen könne den Kernwaffenstaaten Mittel in die Hand geben, die Entwicklung der Kernenergie für friedliche Zwecke in Nichtkernwaffenstaaten zu behindern. In der Tat gaben einige Formulierungen in dem ersten Vertragsentwurf zu solchen Sorgen Anlaß. Die endgültige Fassung des Vertrags und die dazu abgegebenen Erklärungen entzogen diesen Besorgnissen aber den Boden. Ausdrücklich heißt es in Artikel IV des Vertrages: »Alle Vertragsparteien verpflichten sich, den weitestmöglichen Austausch von Ausrüstungen, Material und wissenschaftlichen und technologischen Informationen zur friedlichen Nutzung der Kernenergie zu erleichtern, und sind berechtigt, daran teilzunehmen. Vertragsparteien, die hierzu in der Lage sind, arbeiten ferner zusammen, um allein oder gemeinsam mit anderen Staaten oder internationalen Organisationen zur Weiterentwicklung der Anwendung der Kernenergie für friedliche Zwecke, besonders im Hoheitsgebiet von Nichtkernwaffenstaaten, die Vertragspartei sind, unter gebührender Berücksichtigung der Bedürfnisse der Entwicklungsgebiete der Welt beizutragen.«

Bis spätestens 1976 war man durchweg – auch der Verfasser – davon überzeugt, daß dieser Artikel nicht nur auf dem Papier steht, mit anderen Worten und konkret, daß einem Bezug von angereichertem Uran und Plutonium aus Kernwaffenstaaten, auch aus der Sowjetunion, keine Hindernisse mehr in den Weg gelegt werden. Das war eine Täuschung, wie die seither verflossene Zeit lehrt.

Eine besondere Schwierigkeit der Anwendung dieses Vertrages liegt darin, daß dem Vertrag – bisher jedenfalls – drei der sechs Kernwaffenstaaten, nämlich die Volksrepublik China, die Französische Republik und die Indische Union, nicht beigetreten sind. Diese drei Staaten unterwerfen sich damit auch nicht dem Weitergabeverbot des Artikels I. Die französische Regie-

rung erklärte indessen bereits 1968, sie würde sich genau so verhalten, wie wenn sie den Vertrag unterzeichnet hätte. Dies war in der Tat bislang der Fall. Auf der anderen Seite stellte Indien mit seinem am 18. Mai 1974 vorgenommenen »Atomtest« den Atomwaffensperrvertrag und dessen Zielsetzungen nachhaltig in Frage, auch wenn die indische Regierung nicht müde wird zu erklären, dieser Test hätte nur friedlichen Zwekken gedient. Hierauf wird noch einzugehen sein.

Von den Nichtkernwaffenstaaten haben sich Kuba, Albanien und Israel ausdrücklich geweigert, dem Vertrag beizutreten. Sie wollen sich der Selbstbeschränkung des Artikels II nicht unterwerfen. Auch Algerien, Argentinien, Bangladesch, Brasilien, Burma, Chile, Kolumbien, Nord-Korea, Saudi-Arabien, Vietnam und die Arabische Republik Yemen wie auch einige schwarzafrikanische Staaten haben ausweislich des letzten Jahresberichts der IAEO bisher nichts unternommen, um beizutreten. Die weitaus überwiegende Zahl der anderen Nichtkernwaffenstaaten hat den Vertrag entweder bereits unterzeichnet und zumeist auch ratifiziert oder beabsichtigt, dies zu tun. Bis zum 1. August 1981 waren 3 Kernwaffenstaaten und 111 Nichtkernwaffenstaaten dem Vertrag durch Hinterlegung der Ratifikationsurkunde beigetreten. Etwa 40 Staaten haben den Vertrag bis zu diesem Zeitpunkt nicht ratifiziert. Diese Ratifizierungslücke wurde zu einem wesentlichen Teil aber dadurch geschlossen, daß immerhin sechs dem Vertrag ferngebliebene Staaten mit signifikanten Kernenergieaktivitäten – Argentinien, Brasilien, Chile, Kolumbien, Kuba und Nord-Korea – aufgrund bilateraler Übereinkommen eingewilligt haben, ihre Anlagen durch die IAEO kontrollieren zu lassen. Nach Angaben dieser Organisation vom März 1980 betreiben unverändert fünf kernwaffenlose Nichtbeitrittsstaaten Kernanlagen ohne Überwachung; wenigstens drei von ihnen wären imstande, Material für Kernwaffen herzustellen. Bei den fünf Staaten handelt es sich um Indien, Israel, Pakistan, Südafrika und Spanien[4a].

Die Besorgnisse um eine Weiterverbreitung von Kernwaffen sind gerechtfertigt. Die amerikanische Energy Research and

[4a] Spanien, das dem Atomwaffensperrvertrag nach wie vor nicht beigetreten ist, ratifizierte Mitte Mai 1981 ein Abkommen mit der IAEO, das seine kerntechnischen Anlagen der Sicherheitskontrolle dieser Organisation unterstellt. Ausgenommen ist der Kernbrennstoff für den Magnox-Reaktor Vandellos 1. Dieser Brennstoff wird jeweils nach Entladung an den Kernwaffenstaat Frankreich zurückgeliefert.

Development Administration – ERDA – klassifizierte im April 1977 insgesamt 30 Länder mit Kernenergieaktivitäten nach der technischen Möglichkeit zur Herstellung von Kernsprengkörpern in die nachstehenden drei Gruppen (nicht aufgeführt sind die Staaten, die bereits Kernsprengkörper gezündet haben: USA, UdSSR, Vereinigtes Königreich, Frankreich, VR China und Indien). Die ERDA bemerkt aber ausdrücklich, daß mit dieser Klassifizierung keine Spekulation hinsichtlich einer politischen Motivierung, Nuklearwaffen herzustellen, verbunden werden dürfe:

- Länder, die innerhalb von ein bis drei Jahren hierzu fähig wären: Argentinien, Kanada, Republik China, Deutschland (BR), Israel, Italien, Japan, Südafrika, Spanien und Schweden;
- Länder, die innerhalb von vier bis sechs Jahren hierzu fähig wären: Belgien, Brasilien, CSSR, DDR, Südkorea, Norwegen, Pakistan, Polen und die Schweiz;
- Länder, die innerhalb von sieben bis zehn Jahren dazu fähig wären: Österreich, Dänemark, Ägypten, Finnland, der Iran, Mexiko, Portugal, Rumänien, Türkei und Jugoslawien.

In einer Untersuchung für das Genfer Institut für Internationale Studien nannte Th. Winkler[5] folgende Staaten, die den Besitz von Atomwaffen – sei es aus eigener Herstellung, sei es durch Beschaffung aus befreundeten Ländern – anstreben könnten: Ägypten (hat den NPT inzwischen – am 23. Februar 1981 – ratifiziert), Argentinien, Brasilien, Indien, Irak, Israel, Libyen, Pakistan, Südafrika, Süd-Korea, Taiwan. Es wird vermutet, daß Israel und Südafrika[6] bereits über Bomben verfügen,

[5] In den Ergebnissen zusammengefaßt von R. Held, Droht der Welt ein nukleares Chaos? – Immer mehr Länder rücken der Bombe näher, FAZ v. 14. August 1980.

[6] Die Meldung, daß der amerikanische Vela-Satellit am 29. September 1979 in der Nähe Südafrikas einen für Kernexplosionen typischen Doppelblitz von einer Sekunde Dauer registriert habe, gab zu der Vermutung Anlaß, Südafrika habe eine Atombombe gezündet. Eine amerikanische Untersuchung kam ein Jahr später aber zu dem Ergebnis, daß diese Deutung des Phänomens auszuschließen sei.

Die Inbetriebnahme des von der französischen Framatome gelieferten, derzeit in Koeberg bei Kapstadt in Bau befindlichen Kernkraftwerks und der weitere Ausbau der Kernenergie in diesem Lande sind in Frage gestellt oder auch bis zum Zeitpunkt ausreichender Lieferbereitschaft der gleichfalls im Bau befindlichen eigenen Anreicherungsanlage verzögert, da Frankreich die Lieferung des Brennstoffs davon abhängig macht, daß Südafrika entgegen seiner bisherigen Haltung »Full Scope Safeguards« akzeptiert. Auch die USA sind wenig geneigt, den benötigten Brennstoff ohne diese Bedingung zu liefern.

die sie aber nur in einer verzweifelten Lage zünden würden. Viel diskutiert und besonders gefürchtet ist eine »islamische Bombe« als Ergebnis gemeinsamer Bemühungen des Irak oder Libyens mit Pakistan. Die widersprüchlichen Nachrichten um ein solches Projekt geben kein klares Bild. (Der israelische Angriff am 7. Juni 1981 auf die beiden Tamuz-Reaktoren im irakischen Kernforschungszentrum Tuwaitha bei Bagdad wird in diesem Buch behandelt unter dem Aspekt Kernenergieanlagen und kriegerische Auseinandersetzungen; s. unter 5.8.6).

6.2.2 Die Überprüfung des Vertrags

(1) Die gemäß dem Sperrvertrag binnen fünf Jahren nach seinem Inkrafttreten (5. März 1970) anzuberaumende Überprüfungskonferenz stand im Zeichen von Auseinandersetzungen zwischen den nicht über Kernwaffen verfügenden blockfreien Ländern und den beiden dem Sperrvertrag beigetretenen, nach wie vor als solche aktiven Kernwaffenstaaten, den USA und der Sowjetunion. Zeitweilig drohten diese Auseinandersetzungen die Konferenz zum Scheitern zu bringen.

Die Nichtkernwaffenstaaten kritisierten vor allem, daß die USA und die Sowjetunion (ebenso wie Frankreich und die Volksrepublik China) nichts oder zu wenig unternommen hätten, um die von ihnen durch den Vertrag eingegangenen Verpflichtungen zur atomaren Abrüstung, zu Sicherheitsgarantien, zur Einstellung unterirdischer Versuche usw. nachzukommen. Die USA und die Sowjetunion lehnten aber beharrlich ab, sich hinsichtlich dieser Verpflichtungen auch nur auf Termine festlegen zu lassen. Sie gingen auch nicht über eine Bekräftigung ihrer 1968 vor dem UN-Sicherheitsrat abgegebenen Hilfszusage an die Opfer einer nuklearen Bedrohung hinaus. Ganz offenbar war diesen beiden Mächten in erster Linie daran gelegen, das zwischen ihnen bestehende nukleare Gleichgewicht und ihre Überlegenheit gegenüber den Nichtkernwaffenstaaten zu erhalten.

Bei dieser Lage enthält die von der Präsidentin der Konferenz, der schwedischen Staatssekretärin I. Thorsson – nach Nichteinigung in den zuständigen Ausschüssen – formulierte und ohne Abstimmung, aber mit zahlreichen Vorbehalten am 30. Mai 1975 angenommene Schlußerklärung keine rechtlich bindende, wohl aber eine moralisch-politische Verpflichtung, sich an den Sperrvertrag zu halten und die Sicherungen gegen

eine Proliferation oder einen Mißbrauch der Kernwaffen auszubauen. Ausdrücklich bestätigt wurde das gleiche Recht auf Kernforschung, friedliche Nutzung der Kernenergie und ausreichende Versorgung mit Kernbrennstoffen und Ausrüstungsgütern. Diese Konferenz, die in rechtlicher Hinsicht fast alles beim alten läßt, bekannte sich immerhin zu dem Grundsatz, daß Kernbrennstoffe und Ausrüstungsmaterial an nicht dem Sperrvertrag beigetretene Staaten nur geliefert werden dürfen, wenn diese sich verpflichten, kein Material zur Herstellung nuklearer Sprengkörper abzuzweigen und sich insoweit der Kontrolle der IAEO zu unterwerfen. Damit wurden die Konsequenzen daraus gezogen, daß Indien die von Kanada gelieferten Reaktoren und Technologien zur Entwicklung eines eigenen Sprengkörpers benutzt hat.

(2) In dieser Konfliktlage war zu erwarten, daß es auch bei der August/September 1980 in Genf angesetzten zweiten Überprüfungskonferenz zu ähnlichen Auseinandersetzungen kommen werde. Schon vorher – bei der Generalkonferenz der IAEO im Dezember 1979 in New Delhi – hatten die Sprecher der Dritten Welt den westlichen Industrieländern vorgeworfen, mit einer raffinierten Politik der Bevormundung und Diskriminierung ihr Technologiemonopol bewahren zu wollen. Indien insbesondere beschwerte sich, daß die USA und Kanada die 1963 eingegangenen Lieferverpflichtungen nicht einhielten und erklärte, es sei nur bereit, über die Auflagen der IAEO hinausgehende Verpflichtungen dann zu übernehmen, wenn auch die Kernwaffenstaaten solche Verpflichtungen eingingen. Dazu waren diese Staaten aber nicht bereit. Hinter alledem steht die unveränderte Auffassung der Entwicklungsländer, daß angesichts der bedrohten Energieversorgungslage auch für diese Länder ein Verzicht auf die Kernenergie nicht zu verantworten sei.

Die zweite Konferenz zur Überprüfung des Vertrags über die Nichtverbreitung von Kernwaffen (NV-Vertrag), die am 11. August 1980 in Genf begann und bis 5. September 1980 dauern sollte, endete trotz Verlängerung um zwei Tage ohne Einigung auf ein gemeinsames Schlußkommuniqué. An der Konferenz nahmen 70 der 114 Länder, die Vertragspartner sind, teil.

Eine Einigung scheiterte vor allem daran, daß die Atomwaffenmächte in einem solchen Dokument nicht den Vorwurf vieler Nichtatomwaffenstaaten akzeptieren wollten, sie hätten ihre

Abrüstungsverpflichtung aufgrund des NV-Vertrages unzureichend erfüllt oder gar verletzt. Diesen Mächten und auch anderen Lieferländern kerntechnischer Materialien und Ausrüstungen wurde außerdem vorgeworfen, den Zugang anderer Staaten zur friedlichen Nutzung der Kernenergie durch einseitige und willkürliche Beschränkungen zu behindern.

Die Konferenz empfahl der UN-Generalversammlung, die nächste Überprüfungskonferenz, wie im NV-Vertrag vorgesehen, nach Ablauf von fünf weiteren Jahren, also 1985, abzuhalten. Dabei wurde ausdrücklich betont, daß der NV-Vertrag mit seiner Zielsetzung, die weitere Verbreitung von Atomwaffen zu verhindern, unverändert gültig bleibt. Die offenen Fragen werden in dem von der IAEO am 29. September 1980 konstituierten Ausschuß für Versorgungssicherheit (Committee on Assurances of Supply) weiter diskutiert werden. Auf der Genfer Abrüstungskonferenz und der nächsten großen UN-Konferenz über die friedliche Nutzung der Kernenergie wird es über diese Fragen dann wohl erneut zu heftigen politischen Auseinandersetzungen kommen.

Nach C. Patermann[7] gibt der Ablauf der Überprüfungskonferenz zu folgenden Feststellungen Anlaß:

- Die Konferenz bestätigte das Bestreben aller Vertragsparteien, zu einem Konsens im Bereich der internationalen Zusammenarbeit bei der friedlichen Nutzung der Kernenergie zu gelangen.
- Die zentrale Bedeutung der Sicherungskontrollen als Rückgrat des existierenden NV-Regimes wurde anerkannt.
- Was die Verwirklichung von Artikel IV – weitestgehender Austausch nuklearer Technologie – anbelangt, so konnte man sich trotz heftigster Kritik schließlich doch über eine Reihe von Punkten einigen: Neue NV-Bedingungen oder -Maßnahmen sollten nicht einseitig, sondern nur nach Konsultationen und auf der Grundlage eines breitestmöglichen Konsenses unter Einschaltung der IAEO erarbeitet werden.

Trotz des Sperrvertrages hat die Sorge um eine Weiterverbreitung von Kernwaffen in den letzten Jahren eher zu- als abgenommen. Die unerwartet große Zahl der Staaten, die nicht willens sind, dem Vertrag beizutreten, hat die Bemühungen verstärkt, die Lieferung von Kernbrennstoffen und know how in

[7] VDI-Nachrichten v. 24. Oktober 1980; vgl. auch C. Patermann u. G. Stein, Die 2. Konferenz zur Überprüfung des NV-Vertrags, atomwirtschaft 12/1980.

Nichtvertragsländer wirksamer zu sichern und zu kontrollieren.

6.2.3 *Kontrollen und Verifikationen*

Mit Artikel III Abs. 2 des Atomwaffensperrvertrages verpflichten sich alle Signatarstaaten, keinem Nichtkernwaffenstaat Ausgangs- und besonderes spaltbares Material, das zur Herstellung von Kernwaffen verwendet werden könnte, zu liefern, sofern die Verwendung dieser Stoffe für friedliche Zwecke nicht garantiert und kontrolliert wird. Diese Kontrolle soll von der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) wahrgenommen werden (Art. III Abs. 1). Jeder dem Vertrag beigetretene Nichtkernwaffenstaat hat die Nachprüfung der Erfüllung dieser Verpflichtung im Rahmen einer internationalen Kontrolle zu dulden. Zu diesem Zweck muß jeder Nichtkernwaffenstaat mit der IAEO ein Übereinkommen über Kontrollmaßnahmen auf seinem Hoheitsgebiet aushandeln (Kapitel VII Abs. 4). Bis zur zweiten Konferenz zur Überprüfung des Atomsperrvertrages sind derartige Kontrollabkommen nur mit 69 der 114 Vertragsstaaten zustande gekommen. Kernwaffenstaaten sind von dieser Verpflichtung frei.

Nach einer Mitteilung der Wiener Agentur vom 6. August 1980 sind – jedenfalls bis Ende 1979 – bei diesen Kontrollen keinerlei Diskrepanzen entdeckt worden, die auf eine größere Abzweigung kontrollierten Kernmaterials zur Herstellung von Kernwaffen hindeuten würden. Das von der Agentur überwachte Kernmaterial wurde ausschließlich für friedliche Zwekke verwendet oder auf andere Weise buchmäßig zufriedenstellend erfaßt. Im jüngsten Berichtsjahr – 1980 – waren der Kontrolle 117 Kernkraftwerke, 217 andere wichtige Kernanlagen und 360 kleinere Anlagen unterworfen, in denen 68 t Pu anfielen. Diese Kontrollen wurden von 130 Inspektoren durchgeführt. Als Kontrollkosten wurden 0,006 DPfg/kWh betroffene Kernstromerzeugung angegeben[8].

Die Kontrollbefugnis der IAEO nach dem Atomwaffensperrvertrag konkurriert mit den Bestimmungen des Kapitels VII des EURATOM-Vertrages, das »Erze, Ausgangsstoffe und beson-

[8] Vgl. H. Grümm, (stellv. Generaldirektor der IAEO und Leiter der Hauptabteilung für Sicherheitskontrolle), »Safeguard 85«, Vortrag am 23. Oktober 1980 in Bonn, atomwirtschaft 3/1981.

dere spaltbare Stoffe« einer Kontrolle der Brüsseler Kommission unterwirft[9]. Mit dem gleichen Ziel der Verhinderung mißbräuchlicher Verwendung werden diese Stoffe zudem durch Kapitel VIII des EURATOM-Vertrages in das juristische – nicht wirtschaftliche – Eigentum der Gemeinschaft übergeführt.

Die EURATOM-Kontrolle wird in den ursprünglichen Mitgliedstaaten – auch dem dem Atomwaffensperrvertrag ferngebliebenen Kernwaffenstaat Frankreich – seit dem 1. Januar 1958 und in den Beitrittsstaaten – auch in dem dem Atomsperrvertrag unterworfenen Vereinigten Königreich – seit dem 1. Januar 1973 durchgeführt. Ausgenommen ist lediglich das Material, das in Frankreich und – theoretisch – auch in Großbritannien für »Zwecke der Verteidigung« bestimmt ist (Art. 84 Abs. 3). Die Wirksamkeit dieser Kontrolle wird allgemein anerkannt. Es war daher sicherzustellen, daß weder die EURATOM-Kontrolle ohne gleichwertigen Ersatz abgebaut wird, noch eine für die Betroffenen nicht zumutbare Doppelkontrolle stattfindet.

Um dieses doppelte Ziel zu verwirklichen, beschloß die Europäische (Atom-)Gemeinschaft das in Artikel III des Atomwaffensperrvertrags vorgesehene Übereinkommen selbst auszuhandeln. Schwierigkeiten waren zu überwinden, weil Frankreich Mitgliedstaat der Europäischen Gemeinschaft ist und damit der EURATOM-Kontrolle unterliegt, dieses Land aber dem Atomwaffensperrvertrag nicht beigetreten ist und jede Kontrolle nach diesem Vertrag damals strikt ablehnte. Gleichwohl kam ein Verhandlungsmandat zustande. Entsprechend diesem Mandat wurde für die Verhandlung mit der IAEO eine Delegation unter Leitung der Brüsseler Kommission eingesetzt, der nur Mitglieder der Nichtkernwaffenstaaten der Gemeinschaft angehörten. Diese Verhandlungen führten zu einem am 5. April 1973 in Brüssel von der Kommission, der IAEO und den sieben Nichtkernwaffenstaaten unterzeichneten Übereinkommen, nach welchem die Kontrolle weiterhin durch die Brüsseler Dienststellen vorzunehmen ist. Die IAEO beschränkt sich darauf, diese Kontrolle nach einem Verfahren zu überwa-

[9] Der EURATOM-Sicherheitsüberwachung unterlagen Mitte 1980 insgesamt 400 Einrichtungen. Diese Überwachung erstreckt sich auf folgende Jahresmengen: 30000 t Natururan, 14000 t abgereichertes Uran, 10000 t schwach angereichertes Uran, 13 t hoch angereichertes Uran, 1300 t Thorium und 35 t Plutonium (H. W. Schleicher im IAEA-Bulletin Nr. 3/4 v. August 1980).

chen, das in allen Einzelheiten entsprechend einem »Modellabkommen« festgelegt ist.

Das Vereinigte Königreich – ein Kernwaffenstaat – folgte im September 1976 mit der Unterzeichnung einer im Juli 1978 in Kraft getretenen freiwilligen Unterwerfung seiner friedlichen Kernenergieaktivitäten unter IAEO-Kontrolle. Sehr viel schwieriger war es, auch Frankreich zu einem solchen Schritt zu bewegen. Immerhin konnte ein dem britischen ähnliches Agreement mit EURATOM und der IAEO im Juli 1978 in Wien unterzeichnet werden, nachdem die wesentlichen Schwierigkeiten aus dem Wege geräumt waren, die sich durch die Uranliefersperre Kanadas[10] ergeben hatten. Dieses Abkommen, das einen Teil der französischen Kernenergieanlagen einer Sicherheitskontrolle durch die Wiener Agentur unterwirft, ist nach Ratifizierung durch die französische Nationalversammlung am 12. September 1981 in Kraft getreten. Längere Zeit vorher schon – im September 1977 – war vom Gouverneursrat der IAEO ein Abkommen zwischen der IAEO und den Vereinigten Staaten gebilligt worden, das für amerikanische Anlagen Sicherheitskontrollen der IAEO vorsieht.

Die Bundesregierung und die übrigen Nichtkernwaffenstaaten der damals noch nicht erweiterten Europäischen Gemeinschaft hatten bei Unterzeichnung des Atomwaffensperrvertrages in den Jahren 1968 und 1969 erklärt, sie beabsichtigten, diesen Vertrag solange nicht zu ratifizieren, als nicht die Verhandlungen zwischen der Brüsseler Kommission und der IAEO zu einer Einigung geführt haben. Das ›Übereinkommen über die Verifikation des EURATOM-Spaltstoffkontrollsystems im Rahmen des Vertrags über die Nichtverbreitung von Kernwaffen‹, das von der 19. Generalkonferenz der IAEO im Oktober 1975 gebilligt wurde, hat dieses Hindernis aus dem Weg geräumt. In der Tat hinterlegten alle fünf in Frage kommenden Länder – die Bundesrepublik Deutschland, Belgien, Luxemburg, Italien und die Niederlande – am 2. Mai 1975 die Ratifikationsurkunden zum Atomwaffensperrvertrag. Die Hoffnung dieser Länder, das Verifikationsabkommen werde die befürchteten Doppelkontrollen verhindern, hat sich bislang allerdings nicht erfüllt. Die »Wiener Kontrolle« und die »Brüs-

[10] Das am 1. Januar 1977 verhängte kanadische Uran-Lieferembargo war mit dem zwischen Kanada und der Europäischen Gemeinschaft am 16. Januar 1978 vereinbarten Interims-Arrangement beendet worden.

seler Kontrolle« sind bisher keineswegs in dem erwünschten und in dem unter Beachtung des Zwecks auch möglichen Grade aufeinander abgestimmt.

Abschließend sei darauf hingewiesen, daß der US-Senat am 7. Juli 1980 den Vertrag mit der IAEO – übrigens ohne Gegenstimmen – ratifizierte, durch den die nicht-militärischen Atomanlagen in den USA erstmalig einer internationalen Kontrolle durch diese Organisation unterworfen werden.

6.2.4 Die Spaltstofffluß-Kontrolle

Die von der Brüsseler Kommission aufgrund des EURATOM-Vertrages durchgeführten Kontrollen basieren auf der Spaltmaterial-Buchführung der Betriebe, die solches Material erzeugen, verarbeiten oder verwenden. Eine Buchführung über den Verbleib von Uran und Plutonium ist schon mit Rücksicht auf den hohen Wert dieser Spaltstoffe unumgänglich. Offenbar sind auch die Toleranzen zwischen den aufgrund physikalischer Gesetzmäßigkeiten bestimmten Sollmengen und den tatsächlich verbrauchten Istmengen recht gering. Die Mengendifferenzen bilden jedenfalls kein Gefährdungspotential.

Nicht zuletzt angeregt durch die Besorgnis, die im Atomsperrvertrag vorgesehenen Kontrollen könnten Gelegenheit zur Industriespionage geben, sind – vornehmlich in der Bundesrepublik – Forschungsprogramme angelaufen, die zum Ziel haben, den Spaltstofffluß in einer begrenzten Anzahl strategischer Bereiche von Kernenergieanlagen mit Instrumenten zu überwachen. Im Vierten Atomprogramm der Bundesrepublik werden die der Gesellschaft für Kernforschung in Karlsruhe anvertrauten Forschungen auf dem Gebiet der Spaltstoff-Flußkontrolle für den Vierjahreszeitraum 1973 bis 1976 mit 30 Mio DM dotiert. Diese Arbeiten dienen der Entwicklung von Überwachungs- und Sicherungssystemen, insbesondere von »betriebsfreundlichen Kontrollinstrumenten« – black boxes – und der Erprobung von Überwachungsmaßnahmen. Die ersten Ergebnisse und Erfahrungen wurden schon bei den Verhandlungen zur Revision des Wiener Modellabkommens im Jahre 1975 genutzt.

6.3 Die Wende in der internationalen Nuklearpolitik

6.3.1 Die indische Bombe und ihre unmittelbaren Folgen

Die Zündung eines nuklearen Sprengkörpers im Mai 1974 in Indien[11] gab der internationalen Nuklearpolitik eine grundlegend neue Orientierung. Der Schock war besonders stark, weil das Bombenplutonium durch Wiederaufarbeitung von Elementen eines von Kanada gelieferten, mit amerikanischem Schwerwasser versehenen Reaktors – des Forschungsreaktors CIR – gewonnen worden war. Immerhin war aber die Wiederaufarbeitungsanlage rein indischer Konzeption. Auch die Fertigung und Zündung der Bombe geschahen ohne Hilfe technologisch entwickelter Länder.

Die vor allem durch dieses Ereignis bewirkte Änderung der internationalen Nuklearpolitik kann durch folgende Feststellung charakterisiert werden: Der NPT gestattet den Nichtkernwaffenstaaten, die versorgungswirtschaftlichen, industriellen und technologischen Voraussetzungen für die Produktion von Kernwaffen im eigenen Hoheitsgebiet oder – durch Exporte – in anderen Ländern zu schaffen, er *untersagt* nur, diese Möglichkeiten auch *zu nutzen.* Nunmehr sollen Nichtkernwaffenstaaten *auch* und schon daran *gehindert* werden, im Zuge ziviler Kernenergieentwicklung und -nutzung auf ihrem Hoheitsgebiet oder – durch Exporte – in anderen Ländern die versorgungswirtschaftlichen, industriellen und technologischen *Voraussetzungen* für eine im Sinne des NPT mißbräuchliche Nutzung nuklearer Ausrüstungen und Materialien *zu schaffen.* Konkret heißt dies, »sensitive Technologien«, wie Urananreicherung und Wiederaufarbeitung, sollen fortan den Kernwaffenstaaten vorbehalten bleiben.

Bei dieser Lage hat insbesondere das bereits erwähnte, am 25. Juni 1975 unterzeichnete deutsch-brasilianische Atomabkommen zu Auseinandersetzungen Anlaß gegeben, weil in diesem Abkommen nicht nur die Lieferung von Reaktoren und Kernbrennstoffen in ein dem Sperrvertrag nicht beigetretenes Land vereinbart ist, sondern auch die Mitwirkung beim Bau einer Urananreicherungs- und einer Wiederaufarbeitungsanlage

[11] Die durch die indische Bombe vom Mai 1974 ausgelöste Besorgnis wurde reaktiviert durch Nachrichten, zuletzt vom Herbst 1979, daß auch Pakistan über eine Bombe verfüge oder verfügen werde – angesichts der historischen Rivalität zwischen Indien und Pakistan eine in der Tat besorgniserregende Lage.

auf der Grundlage des know how eines Vertragsstaates. Ähnliche Bedenken wurden erhoben gegen das am 23. Februar 1975 unterzeichnete nukleare Kooperationsabkommen zwischen Frankreich und dem Iran. Dieser Vertrag sieht eine Zusammenarbeit bei der Urananreicherung vor.

Die Vereinigten Staaten sind vor allem besorgt, daß diese Abkommen die Bezugsländer in den Stand setzen könnten, hoch angereichertes Uran und Plutonium für Kernsprengkörper zu gewinnen. In der Tat haben die USA nur einmal das technische know how ihrer Anreicherung weitergegeben: an Großbritannien zur gemeinsamen Entwicklung der Atombombe während des Zweiten Weltkriegs. Auf dieser Grundlage wurde die Anlage in Capenhurst errichtet. Amerikanisches Wiederaufarbeitungs-Know how wurde bisher in keinem Falle weitergegeben.

Im Dezember 1975 hat dann auch der amerikanische Kongreß auf Vorschlag des Joint Committee on Atomic Energy eine Resolution einstimmig verabschiedet, die den Präsidenten G. Ford auffordert, wegen der wachsenden Bedrohung durch den Bau nationaler Anreicherungs- und Wiederaufarbeitungsanlagen unverzüglich Verhandlungen zur Verbesserung der Kontrollmaßnahmen durch die IAEO einzuleiten. Bei diesen Aktionen spielte selbstverständlich auch der Wunsch mit, die lästige Konkurrenz der westeuropäischen Nuklear-Industrie auszuschalten.

Im Falle des Abkommens mit Brasilien ist den amerikanischen Argumenten entgegenzuhalten, daß dieses südamerikanische Land sich zum Abschluß einer Kontrollvereinbarung mit der IAEO entsprechend den Regeln des Sperrvertrages bereiterklärt hat. Vorher werden weder Anlagen exportiert noch Techniker dorthin entsandt werden[12].

Brasilien ist (ebenso wie andere südamerikanische Länder) dem Sperrvertrag nicht beigetreten, weil »die Verpflichtung gegenüber der Zukunft dies verbot«. Der Vertrag von Tlatelolco über die Schaffung einer atomwaffenfreien Zone in Lateinamerika von 1967 wurde von Brasilien zwar unterzeichnet, aber nicht ratifiziert, wohl auch deswegen, weil Argentinien nach einer Erklärung des Mitglieds der argentinischen Atomenergie-

[12] Am 24. Februar 1976 wurde das Abkommen über die Sicherheitskontrolle bei der Durchführung der deutsch-brasilianischen Verträge von der IAEO gebilligt.

Kommission, Admiral Pedro Iraologoytia, »in jedem Augenblick mit der Fertigung einer Bombe beginnen könne«, das Ganze sei »lediglich eine Frage der politischen Entscheidung«, übrigens ungeachtet der entgegenstehenden Auflagen des Reaktor- und Uran-Lieferlandes Kanada[13]. Inzwischen haben sich die politischen und nuklearen Beziehungen zwischen Argentinien und Brasilien wesentlich verbessert. Ein Abkommen über die Zusammenarbeit bei der friedlichen Nutzung der Kernenergie wurde am 17. Mai 1980 unterzeichnet und im Dezember 1980 ratifiziert. Wenig später – am 23. April 1981 – erklärten dann die Sprecher von Argentinien, Brasilien und Chile auf einer Zusammenkunft der Organisation für die Ächtung von Nuklearwaffen in Lateinamerika – der OPANAL –, sie bestünden auf einer ungehinderten Entwicklung der Kernenergie für friedliche und wissenschaftliche Zwecke und blieben daher weiterhin dem Vertrag von Tlatelolco fern.

6.3.2 Der Suppliers Club

Angesichts der neuen Lage entschloß sich die amerikanische Regierung zunächst zu einem weiteren Schritt nach vorn, um die Dinge wieder in den Griff zu bekommen. Auf der durch das Vorgehen der OPEC ausgelösten Energiekonferenz im September 1974 in Washington schlug Präsident R. Nixon den übrigen Teilnehmerstaaten den Bau gemeinsamer Anreicherungsanlagen vor. Dadurch sollten die inzwischen aufgekommenen Zweifel an der Lieferbereitschaft der USA ausgeräumt werden. Der amerikanische Kongreß war aber nach der durch Vietnam und Watergate ausgelösten Krise nicht mehr bereit, dem Präsidenten auf diesem Wege zu folgen. Im Gegenteil, der Druck auf die übrigen Länder mit entwickelter Nuklearindustrie wurde mehr und mehr verstärkt, um diese auf die Linie der amerikanischen Nichtverbreitungs-Vorstellungen zu bringen. So wurde Frankreich letztlich veranlaßt, seine für den Export nach Pakistan

[13] Mitgeteilt von Martin Gerster in der Frankfurter Allgemeinen Zeitung vom 3. Juni 1975. Diese Einstellung wurde bestätigt durch die im August 1981 vom Leiter der argentinischen Atomenergiekommission Castro Madero abgegebene Erklärung: Die Nuklearwissenschaft und Nukleartechnik sind engstens miteinander verbunden, sie anzuwenden bedarf es lediglich einer politischen Entscheidung. Falls Argentinien sich also durch einen nuklearen Angriff bedroht sehen würde, läge die Entscheidung auf der Hand. Allerdings genieße der lateinamerikanische Subkontinent das Privileg, atomwaffenfrei zu sein, es sei für alle lateinamerikanischen Länder eine Verpflichtung, diese Situation zu wahren.

bestimmte Wiederaufarbeitungsanlage auf »Coprocessing« (s. S. 920) umzustellen. Auf amerikanischen Druck und nach Zusicherung erweiterter amerikanischer Militärhilfeleistung verzichtete Süd-Korea auf die in Frankreich bestellte Wiederaufarbeitungsanlage. Das deutsch-brasilianische Nukleargeschäft wurde durch Einführung einer trilateralen Sicherheitskontrolle zusätzlich gegen eine etwaige Proliferation geschützt.

Nach diesen im ganzen nur begrenzt erfolgreichen Bemühungen, im Rahmen der alten Ordnung fortzufahren, war man allseits um eine neue Ordnung bemüht. Auf Initiative des damaligen amerikanischen Außenministers H. Kissinger einigten sich 1975 in zunächst geheimgehaltenen Gesprächen die wichtigsten Lieferländer für Kernenergieanlagen – USA, Sowjetunion, Vereinigtes Königreich, Frankreich, Kanada, die Bundesrepublik Deutschland und Japan – auf gemeinsame Richtlinien für Nuklearexporte. Diesem »London Suppliers Club« traten im Laufe der folgenden Jahre weitere Länder aus West und Ost bei, nämlich Italien, Belgien, die Niederlande, Polen, die Tschechoslowakei, die DDR, Schweden und die Schweiz, so daß diesem Club schließlich alle in Betracht kommenden nuklearen Lieferländer angehörten.

Die erst im November 1977 offiziell bekanntgegebenen und im Januar 1978 bei der IAEO hinterlegten »Richtlinien« des Clubs waren ein Kompromiß zwischen dem von den USA, von Kanada und von Großbritannien geforderten vollständigen Verbot des Transfers »sensitiver Anlagen« an dem Club nicht angehörende Länder und der vor allem von Frankreich und der Bundesrepublik vertretenen Forderung, sich freiwillig zurückzuhalten und die Kontrollen zu verstärken. Die folgenden Punkte der endgültig verabschiedeten Richtlinien sind von Bedeutung:

- Die in der sog. Trigger List genannten sensitiven Anlagen und Anlagenkomponenten – vor allem Anlagen zur Urananreicherung und zur Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen einschl. des dazu erforderlichen know how – dürfen nur exportiert werden, sofern die Anwendung der IAEO-Safeguards sichergestellt ist, d.h. das Empfängerland sich insoweit den IAEO-Kontrollen unterwirft[14].

[14] Die Trigger List geht auf das nach dem Vorsitzenden des zuständigen Ausschusses der IAEO benannte Zangger-Memorandum von 1974 zurück und ist praktisch identisch mit der Kernenergie-Liste des deutschen Außenwirtschaftsgesetzes für die einer Ausfuhrgenehmigungspflicht unterliegenden Erzeugnisse.

- Von dem Empfängerland wird verlangt, daß es auch Anlagen oder deren kritische Komponenten den IAEO-Safeguards unterwirft, die unter Verwendung transferierter sensitiver Anlagen, Anlagenteile oder Technologien entwickelt werden.
- Auch der weitere Export bzw. Transfer sensitiver Anlagen usw. soll nur zulässig sein, wenn die empfangenden Drittstaaten IAEO-Kontrollen akzeptieren.

Diese im Januar 1978 der IAEO übergebenen Richtlinien galten nicht rückwirkend, also auch nicht für die beiden umstrittenen Nuklearabkommen zwischen Deutschland und Brasilien und zwischen Frankreich und Pakistan. Deutschland machte aber zutreffend geltend, daß die angenommenen Regeln dem deutsch-brasilianischen Abkommen bereits zugrundegelegt waren, diesem Abkommen daher geradezu Modellcharakter zuzusprechen sei.

Schon lange vor Bekanntgabe ihrer Ergebnisse begegneten die Verhandlungen des Suppliers Club bei den Bezieherländern, vor allem in der Dritten Welt, außerordentlichem Mißtrauen. Diese werteten die erzielten Vereinbarungen durchweg als Diktat und befürchteten, in ihrer zukünftigen wirtschaftlichen Entwicklung dadurch nachhaltig beschränkt zu werden. Auch in der Besorgnis, daß die abgesprochenen Restriktionen bei den Empfängerländern einen »Counter feed back«-Effekt auslösen könnten, führte die Entwicklung schließlich zu einer Beteiligung auch der Abnehmer-Länder an den Untersuchungen und Entscheidungen im Rahmen des INFCE-Programms (s. S. 917 ff.).

6.3.3 Uranexportrestriktionen von Kanada und Australien

Dem durch die Zündung des indischen Kernsprengkörpers in besonderem Maße betroffenen, ja schuldbewußten Kanada ging der Suppliers Club mit seinen Nichtverbreitungs-Maßnahmen nicht weit genug. Teilweise unterstützt von den USA und von Australien versuchte dieses Land daher, seine marktbeherrschende Stellung bei der Versorgung der westlichen Welt mit Natururan zu nutzen, um seine Vorstellungen durchzusetzen. Kanada forderte insbesondere, daß jede Anreicherung, Wiederaufarbeitung und Lagerung kanadischen Urans in der Europäischen Gemeinschaft vorheriger Genehmigung bedürfe, eine Bedingung, die die Gemeinschaft keinesfalls akzeptieren konnte. Dies führte zu einem Uranlieferstop Kanadas nach Europa ab 1. Januar 1977, der erst mit einer am 16. Januar 1978 ausge-

handelten Kompromißformel beendet wurde, die statt Vorab-Notifizierung nur eine Konsultation vorsieht. Die kanadische (und US-amerikanische) Lieferbereitschaft wurde darüber hinaus feierlich bestätigt durch die auf der Bonner Gipfelkonferenz im Juli 1978 vom kanadischen Ministerpräsidenten Trudeau (und dem amerikanischen Präsidenten Carter) abgegebene und ins Schlußkommuniqué aufgenommene Erklärung, hinfort Europa (und Japan) zuverlässig mit Uran zu versorgen.

Inzwischen verhandeln bzw. verhandelten sowohl Kanada wie auch Australien über neue Uranlieferabkommen:

- Kanada verhandelt mit EURATOM über ein neues Abkommen, das nach Auslaufen des zweijährigen, inzwischen – am 23. Dezember 1980 – auf ein drittes Jahr erstreckten Interimsabkommens[15] am 1. Januar 1982 in Kraft treten soll. Dabei besteht Kanada auf einer Veto-Klausel, die ihm das Recht eines Einspruchs gegen eine Wiederaufarbeitung des gelieferten Urans einräumt. An diesem Einspruchsrecht war ein Lieferabkommen mit der Schweiz gescheitert. Dieses Land unterliegt damit immer noch einem kanadischen Lieferembargo.
- Ein australisches Konsortium schloß bereits Lieferverträge über insgesamt 34000 short tons U_3O_8 mit deutschen und japanischen Reaktorbetreibern. Davon erhalten das RWE, die Urangesellschaft und Saarberg-Interplan allein 20000 t. Die Lieferung wird aber davon abhängig gemacht, daß ein Sicherheitsabkommen mit EURATOM (für Deutschland) und mit Japan zustandekommt. Das während längerer Zeit verhandelte Abkommen zwischen Australien und EURATOM wurde am 30. März 1981 paraphiert. Nun müssen noch die Australische Bundesregierung und die zehn Mitgliedstaaten der Gemeinschaft zustimmen. Nach diesem Abkommen wird EURATOM für die gesamte Dauer des Brennstoffzyklus ausreichende Sicherheit garantieren. Das Abkommen erlaubt, die abgebrannten Brennelemente aus Uran australischer Herkunft wieder aufzuarbeiten, sofern Australien dies im voraus genehmigt. Im übrigen besteht Australien darauf, daß sein Uran nicht für militärische Zwecke verwendet und nicht an Nichtunterzeichner des Atomwaffensperrvertrags weitergeliefert wird[15a].

[15] Nach diesem Abkommen muß Kanada konsultiert werden, wenn das von ihm in die Gemeinschaft gelieferte Material auf über 20 Prozent angereichert oder wiederaufbereitet wird, oder wenn Plutonium oder hochangereichertes Uran gelagert werden soll.

[15a] Dieses Abkommen wurde am 21. September 1981 von dem zuständigen

6.3.4 Der US Nuclear Non Proliferation Act von 1978

Das Problem einer Verhinderung der Ausbreitung von Kernwaffen erhielt besondere Aktualität und vor allem erhöhte Dringlichkeit, als der demokratische Kandidat J. Carter im amerikanischen Präsidentschaftswahlkampf dieses Thema aufgriff und verlangte, die amerikanische Nuklearpolitik grundlegend zu überprüfen. Der auf diese Weise herausgeforderte Präsident G. Ford verfügte daraufhin am 28. Oktober 1976, die Weitergabe von Know-how für Anreicherungs- und Wiederaufarbeitungsanlagen für drei Jahre zu sistieren, zugleich kündigte er Maßnahmen an, um die von amerikanischen Kernbrennstofflieferungen abhängigen Länder von der fortdauernden Lieferbereitschaft der USA zu überzeugen.

Mit dem Amtsantritt des neuen Präsidenten änderte sich diese Haltung fundamental, was insbesondere darin seinen Ausdruck fand, daß fortan der Nichtverbreitung nicht nur hochrangige außenpolitische Priorität zuerkannt wurde, sondern daß die USA jetzt auch bereit waren, bei der Durchsetzung dieser Politik Belastungen im Verhältnis zu den westlichen Bündnispartnern hinzunehmen. Insbesondere die Erklärung J. Carters zur Nuklearpolitik vom 7. April 1977 zeigt dies deutlich. Die von der amerikanischen Administration nunmehr angestrebte neue internationale Nuklearordnung läßt sich an einer Liste von Idealvorstellungen deutlich machen[16]:

- nur noch natürliches und leicht angereichertes Uran sowie Mischungen von Uran 233 und natürlichem Uran als Kernbrennstoffe;
- zeitlich unbegrenzte Lagerung abgebrannter Brennelemente;
- zeitlich unbegrenzte Zurückstellung der Wiederaufarbeitung;
- zeitlich unbegrenzte Zurückstellung der wirtschaftlichen Nutzung von Schnellen (Plutonium-) Brutreaktoren für die Energieerzeugung;
- Ratifizierung des Atomwaffensperrvertrags durch alle Kernenergie-Länder;
- Unterwerfung aller nicht dem Atomwaffensperrvertrag beigetretenen Länder unter ausnahmslose (full scope) internationa-

EG-Kommissar W. Haferkamp und dem australischen EG-Botschafter R. Fernandez unterzeichnet und ist damit in Kraft getreten.

[16] Aus »Characteristics of the ideal world use of nuclear power with acceptable risks of proliferation« in dem Report »West European Nuclear Energy Development: Implications for the United States« des Senate Sub-committee on European Affairs vom Juni 1979.

le Safeguards, verbunden mit der Verpflichtung, auf die Entwicklung von Kernwaffen- oder Kernsprengkörpern zu verzichten;

- ein Verbot neuer Anreicherungs- und Wiederaufarbeitungsanlagen für Nichtkernwaffenstaaten; bestehende Anlagen könnten unter internationaler Kontrolle weiterbetrieben werden;
- Kontrollen seitens der Lieferländer über Anreicherung, Wiederaufarbeitung, Retransfer und Lagerung exportierten Materials oder solchen Materials, das aus exportierten Anlagen, Materialien oder Technologien gewonnen wird, verbunden mit einem Zurückforderungsrecht bei Verletzung der Vereinbarungen;
- internationale Sanktionen bei Verletzung jedweder Verpflichtung oder bei Zündung von Kernsprengkörpern;
- eine verbindliche Zusage der USA, Kernkraftwerke und Kernbrennstoffe an Länder zu liefern, die mit diesen Kontrollen einverstanden sind.

Bereits während der Amtszeit der Präsidenten R. Nixon und G. Ford war der amerikanische Kongreß besorgt, es werde nicht genug unternommen, um eine Weiterverbreitung von Kernwaffen zu verhindern. Dies zeigte sich in der kaum zu überbietenden Hektik, mit der von Abgeordneten beider Häuser Novellierungsvorschläge zu den geltenden amerikanischen Gesetzen über Nuklearexporte eingebracht wurden – übrigens auch ein Ausdruck des durch Vietnam und Watergate gewachsenen Mißtrauens gegen die Macht des Präsidenten. Zu Beginn der Amtszeit des neuen Präsidenten J. Carter verstärkten sich diese Kongreß-Initiativen. Dazu trug auch wesentlich der als Studie der Ford Foundation bekanntgewordene (MITRE-) Bericht der Nuclear Energy Policy Study Group »Nuclear Power Issues and Choices« bei[17]. Alle diese Initiativen, vor allem die der Senatoren Percy, Glenn (der Astronaut) und Ribikof wie auch des Mitglieds des Repräsentantenbüros Birgham führten im Ergebnis zu dem am 10. März 1978 durch Präsident Carter unterzeichneten und in Kraft gesetzen »Nuclear Non-Proliferation Act« of 1978 (NNPA 78), einem Text, der (in seiner Vorfassung) das Repräsentantenhaus ohne Gegenstimmen passierte und vom Senat mit 88 gegen 3 Stimmen verabschiedet wurde.

[17] Report of the nuclear energy study group: issues and choices. Sponsored by the Ford Foundation and administrated by the MITRE Corporation. Cambridge, Mass. 1977.

Der Administration gelang es in den Verhandlungen in einigen, keineswegs aber in allen wichtigen Punkten, ihre Auffassung gegenüber den restriktiven Vorstellungen des Kongresses durchzusetzen.

Die wichtigsten über die geltenden Regelungen (einschl. der Richtlinien des Suppliers Club) hinausgehenden Bestimmungen dieses neuen Gesetzes sind die folgenden:

(1) An einen Nicht-Kernwaffenstaat darf nur geliefert werden, wenn er alle seine Nuklearanlagen der IAEO-Sicherheitskontrolle unterwirft (»full scope safeguards«-Prinzip).

(2) Die USA müssen der Weitergabe und der Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen amerikanischen Ursprungs vorher zustimmen (»Timely Warning«). Das gilt auch für den Retransfer innerhalb der Europäischen Gemeinschaft, ungeachtet der Tatsache, daß die bestehenden Kooperationsabkommen zwischen den USA und EURATOM die uneingeschränkte Freizügigkeit auch von amerikanischen Kernbrennstoffen im Gemeinsamen Markt ebenso anerkennen, wie das Recht auf Wiederaufarbeitung.

(3) Alle mit den USA abgeschlossenen Nuklearabkommen sind innerhalb einer Frist von zwei, gegebenenfalls drei Jahren mit den Bestimmungen des neuen Gesetzes in Einklang zu bringen, die Bereitschaft zur »Renegocication« ist innerhalb von 30 Tagen nach Inkrafttreten als Gesetz zu erklären.

(4) Die USA greifen den Vorschlag auf, die Probleme des Brennstoffkreislaufs im Rahmen der »International Nuclear Fuel Cycle Evaluation« (INFCE) »im Geiste der Objektivität und des wechselseitigen Respekts der Wahlmöglichkeiten und Entscheidungen jedes teilnehmenden Landes« umfassend zu überprüfen, »ohne die jeweilige Brennstoffkreislaufpolitik oder internationale Kooperationen, Agreements und Verträge zu gefährden, vorausgesetzt, daß die vereinbarten Safeguard-Maßnahmen angewandt werden«[18]. Die Ergebnisse dieser Konferenz sollten für die Teilnehmerländer aber nicht verbindlich sein (weiter s. unten).

Die unmittelbaren Reaktionen der betroffenen westlichen Industrieländer auf die Verabschiedung des NNPA 78 waren durchweg negativ. Die Europäische Gemeinschaft, die wegen ihres Versorgungsmonopols als Vertragspartner der USA fun-

[18] Aus dem Schlußkommuniqué der im Oktober 1977 in Washington abgehaltenen Konferenz zur Organisation einer Internationalen Konferenz zur Beurteilung des nuklearen Brennstoffkreislaufs.

gierte, unterließ die binnen 30 Tagen geforderte Zustimmung zur Neuverhandlung der laufenden Verträge, weil dieses Ultimatum gegen das geltende Agreement for Cooperation mit den USA verstoße und zudem dem Geist und dem Sinn der angekündigten INFCE-Verhandlungen zuwiderlaufe – ganz abgesehen davon, daß der völkerrechtliche Grundsatz »pacta sunt servanda« unbeachtet blieb. Die Europäische Gemeinschaft – unter Einschluß Frankreichs – bekundete am 7. Juli 1978 aber »Gesprächsbereitschaft«, das ist erklärtermaßen weniger als die in der NNPA 78 geforderte »Zustimmung«. Die weitere, zeitlich zunächst durch die Zwei- bzw. Dreijahresfrist zur Neuverhandlung der Verträge, d.h. bis zum Frühjahr 1980 bzw. 1983 begrenzte Entwicklung bleibt nun abzuwarten! Als positives Zeichen ist gewertet worden, daß in einer seiner ersten Amtshandlungen der neue amerikanische Präsident R. Reagan die am 10. März 1981 ablaufende Zweijahresfrist um ein weiteres Jahr verlängert hat. Indizien deuten darauf hin, daß die amerikanische Nichtverbreitungspolitik mit dem Wechsel in der Präsidentschaft weniger rigide und damit wahrscheinlich auch effizienter sein wird[18a].

Hinsichtlich zweier für Deutschland wichtiger Komplexe hat die Bundesregierung ihre durch amerikanische Stellen bestätigte Auffassung in Antworten auf parlamentarische Aufgaben im Bundestag ausdrücklich klargestellt:

(1) Der NNPA 78 enthält kein Verbot einer Wiederaufarbeitung, sondern möchte diese nur unter besonders wirksame Kontrolle stellen. Zudem beziehen sich die Regelungen dieses Gesetzes nur auf aus den USA eingeführte Brennstoffe. Die Bundesregierung »ist ... der Überzeugung, daß ihr Entsorgungskonzept ... grundsätzlich nicht berührt wird« (Antwort der Bundesregierung vom 13. April 1978 auf die Anfrage des Abg. Dr. Laufs).

(2) Der NNPA 78 enthält eine Bestimmung (Abschnitt 307), wonach gegenüber einem Land, das *nach* Inkrafttreten dieses

[18a] Am 16. Juli 1981 gab Präsident R. Reagan die erwartete Erklärung über die künftige amerikanische Nichtverbreitungspolitik ab. Die Verhinderung der Weiterverbreitung von Kernwaffen bleibt danach unverändert das grundlegende Ziel dieser Politik. Dieses Ziel soll nun aber durch regionale und weltweite Kooperationen erreicht werden, was voraussetzt, daß die USA wieder zu einem zuverlässigen Partner bei der friedlichen, durch angemessene Sicherheitskontrollen unterstützten Zusammenarbeit werden. Insbesondere wollen die USA nicht mehr versuchen, die zivile Wiederaufarbeitung und die Brüterentwicklung in anderen Ländern zu verhindern.

Gesetzes – 10. März 1978 – Wiederaufarbeitungsanlagen oder -technologien exportiert, ein Lieferstop verhängt wird. Demnach wird das bereits wesentlich früher abgeschlossene deutsch-brasilianische Abkommen vom 27. Juni 1975 nicht berührt (es fällt unter die »Großvater-Klausel«). Diese Auffassung ist von amerikanischer Seite ausdrücklich bestätigt worden (Antwort der Bundesregierung vom 26. April 1978 auf die Anfrage des Abg. Männing).

6.3.5 Die Kritik der Abnehmerländer

Wie oben dargestellt wurde, waren die unmittelbaren Reaktionen der übrigen westlichen Industrieländer auf den amerikanischen NNPA 78 durchweg negativ. Sie betonten dabei vor allem die Unvereinbarkeit mit den geltenden Kooperationsabkommen, dem EURATOM-Vertrag, und den Zielsetzungen von INFCE. Diese ablehnende Haltung geht in der Sache aber wesentlich tiefer. Es sind vornehmlich fünf grundlegende Differenzen zwischen den USA einerseits und Westeuropa sowie Japan andererseits, die schon in vollem Umfange deutlich wurden bei der internationalen Konferenz über den Transfer nuklearer Technologie in Persepolis Anfang April 1977 und bei der IAEO-Konferenz über Kernenergie und Kernbrennstoffkreislauf Anfang Mai 1977 in Salzburg. Diese fünf Differenzen sind:

(1) Die Nichtkernwaffenstaaten in Westeuropa und Japan sind in ihrer Mehrzahl zugleich Bündnispartner der USA. Sie haben den Atomwaffensperrvertrag (NPT) ratifiziert in der Hoffnung, damit zum Abbau der Welt-Kernwaffenpotentiale beizutragen – eine bislang erfolglose Vorleistung. Aufgrund der im NPT enthaltenen und von den USA regelmäßig bestätigten Zusicherung des uneingeschränkten Rechts auf friedliche Nutzung der Kernenergie und zugleich auch des Anspruchs auf ausreichende Versorgung mit Kernbrennstoffen und Ausrüstungsgütern haben sich diese Länder aber auch technisch und wirtschaftlich eng mit den USA verbunden und zu einem Teil auf eigenständige Entwicklungen und Realisationen verzichtet, so beispielsweise auf dem Gebiet der Urananreicherung und der Wiederaufarbeitung.

Bei dieser Lage werten diese Länder die einseitig von den USA vorgenommene Aufkündigung vertraglicher Verpflichtungen als einen groben Vertrauensbruch, der zudem als beson-

ders unfair empfunden wird und empfunden werden muß, als hierbei die keineswegs der Herstellung von Atombomben verdächtigen Bündnispartner der USA genau so behandelt, d.h. auf die gleiche Stufe gestellt werden wie atombombenverdächtige Länder, etwa Indien.

(2) Wenn ein Staat sich Kernwaffen verschaffen will, so tut er dies aus politischen Gründen. Der zivile Weg, zu einer solchen Option zu gelangen, ist aber der teuerste und zeitraubendste.

In dem Bestreben, die Gefahr einer Ausbreitung von Kernwaffen so weit wie möglich zu verhindern, stehen Westeuropa und Japan den USA nicht nach. Uneinigkeit besteht somit nicht über das Ziel, sondern ausschließlich über den Weg, wie man dieses Ziel erreichen kann.

Westeuropa und Japan sind der Auffassung, daß die Verbreitung der Nukleartechnologie irreversibel stattgefunden hat. Vor allem ist die Technik der Wiederaufarbeitung abgebrannter Kernbrennstoffe weithin bekannt. In wenigstens 14 Ländern werden Wiederaufarbeitungsanlagen als Versuchsanlagen oder gar in industriellem Maßstab betrieben. Mit einer Wiederaufarbeitungssperre ließe sich die Gefahr einer Verbreitung von Kernbrennstoffen somit kaum vermindern. Zudem gibt es einfachere und gefahrlosere Wege der Bombenherstellung als die Abzweigung und Aufarbeitung von Kernbrennstoffen.

(3) Man sollte zur Kenntnis nehmen, daß der NPT aus politischen Gründen Nichtkernwaffenstaaten gegenüber Kernwaffenstaaten diskriminiert. Das haben bislang über 100 Nichtkernwaffenstaaten durch die Ratifizierung dieses Vertrages hingenommen. Bei dieser Lage ist zumindest wenig wahrscheinlich, daß diese Staaten die mit der amerikanischen Politik verbundene zusätzliche und dauernde Diskriminierung bei der friedlichen Nutzung der Kernenergie akzeptieren werden. Im Gegenteil, zahlreiche Nichtkernwaffenstaaten sind, wie sich bei der zweiten Überprüfungskonferenz für den NPT (1980) gezeigt hat, entschlossen, auf den durch Artikel IV dieses Vertrags geforderten Abbau der Diskriminierung bei der friedlichen Nutzung dieser Energie zu drängen.

Auf jeden Fall darf der Graben zwischen den Kernwaffenstaaten und den Nichtkernwaffenstaaten nicht weiter vertieft werden. Anderenfalls ist zu erwarten, daß alle Bemühungen scheitern werden, weitere bislang abseits stehende Länder zum Vertragsbeitritt zu bewegen. Hier liegt die größte Proliferationsgefahr!

(4) Anders als die USA verfügen weder die Länder Westeuropas noch Japan über große, zu wirtschaftlichen Bedingungen abbaubare Uranvorräte[19]. Auch mit Rücksicht auf die Begrenzung der weltweit verfügbaren Reserven an Uran haben sich die wichtigsten dieser Länder für die Wiederaufarbeitung und für den Bau von Schnellen Brütern entschieden – übrigens auch in der Erwartung, daß die hierdurch auf längere Sicht verminderte Nachfrage nach Uran zu einer Stabilisierung des Preisniveaus führt.

Die Bundesregierung hat sich zudem auf das »integrierte Entsorgungskonzept« unter Einschluß der Wiederaufarbeitung eindeutig und wohl unwiderruflich festgelegt mit der Wirkung, daß – auch aufgrund gerichtlicher Entscheidung (Beschluß des Oberverwaltungsgerichts Lüneburg vom 17. 10. 1977; S. 644) – ohne »Entsorgungsnachweis« der Bau und die Inbetriebnahme von Kernkraftwerken nicht genehmigt werden dürfen.

(5) Westeuropa und Japan sind in die weltwirtschaftliche Arbeitsteilung weit stärker eingebunden als die USA. (Der Außenbeitrag zum deutschen Bruttosozialprodukt macht etwa 20% aus; in den USA erreicht er nur 7%). Daher sind für diese Länder Exporte zur Finanzierung der lebensnotwendigen Einfuhren unerläßlich. Insonderheit erklärt dies auch die deutschen Bemühungen zum Export von Kernkraftwerken.

Hinzutritt, daß im Gegensatz zu den USA der Bedarf Westeuropas und Japans an Primärenergie nur zu einem vergleichsweise geringeren Anteil aus heimischen Quellen gedeckt wird (Europäische Gemeinschaft etwa 40%, Japan weit weniger, USA dagegen etwa 75%). Energiewirtschaftlich ist die Entwicklung der Kernenergie in Westeuropa und Japan daher viel mehr gerechtfertigt als in den USA.

Der europäischen und japanischen Reaktorbauindustrie steht praktisch nur ein kleiner und zudem wechselseitig abgeschotteter Exportmarkt zur Verfügung[20]. Geht man, wohl zutreffend, davon aus, daß außer Deutschland auch die USA, Kanada, Japan, Großbritannien, Frankreich, Italien und – als Gesamtheit – die Länder des COMECON ausländischen Reaktorbauunter-

[19] Nach dem Bericht »Uranium. Resources, Production and Demand« der NEA und IAEA von Dezember 1977 finden sich 43% der Uranreserven der nicht-kommunistischen Welt, die zu Kosten bis 30 $/lb U_3O_8 abbaubar sind, in den USA, aber nur 2,5% in Westeuropa und Japan zusammengenommen.

[20] Vgl. hierzu G. Hildenbrand »Kernenergie, Nuklearexporte und Nichtverbreitung von Kernwaffen«, atomwirtschaft, Juli/August 1977, S. 374ff.

nehmen kaum den Bau von Kernkraftwerken – allenfalls Zulieferungen – gestatten werden, so stehen, gemessen an der installierten elektrischen Leistung, nur etwa 22% des Weltmarktes für Exporte von Kernkraftwerken zur Verfügung. Die europäischen Länder und Japan mit jeweils begrenzten Binnenmärkten (Deutschland als Beispiel verfügt nur über 4,7% der Kraftwerksleistung der Welt) sind daher zum Aufbau und zur ausreichenden Beschäftigung ihrer Kraftwerksindustrie weit stärker auf Exporte angewiesen als die USA (31,3% Anteil an der Weltkraftwerksleistung).

6.3.6 INFCE[21]

(1) In seiner Erklärung vom 7. April 1977 hatte der amerikanische Präsident vorgeschlagen, die internationalen Diskussionen über die Verwirklichung der Energieziele und eine Verringerung der Gefahr von Kernexplosionen fortzusetzen. In diesem Zusammenhang wurde erstmalig angeregt, die verschiedenen nuklearen Brennstoffkreisläufe im Rahmen eines internationalen Programms umfassend zu beurteilen und zu bewerten. Wie bereits ausgeführt (s. S. 912) wurde diese Anregung Teil des NNPA 78.

Der amerikanischen Einladung, an INFCE teilzunehmen, folgten insgesamt vierzig Länder unterschiedlicher politischer und sozialer Struktur, nämlich sämtliche Länder des London Suppliers Club (s. S. 906), sowie u.a. Ägypten, Algerien, Ar-

[21] Vgl. hierzu vor allem R. Loosch, Das internationale Programm zur Beurteilung des Brennstoffkreislaufs INFCE, atw, Januar 1978, S. 33f.; H. Böhm, P. Engelmann, H. Märkl und H. Stoll, »Analyse möglicher Brennstoffzyklen«, atw, Juli/August 1978, S. 347ff.; C. Patermann, »Halbzeit bei INFCE«, atw, April 1979, S. 173ff.; M. Popp, »The International Nuclear Fuel Cycle Evaluation – A view from Europe«, Vortrag auf der ENC 1979 im Mai 1979 in Hamburg; P. Engelmann, »Kernenergie und die Möglichkeiten alternativer Brennstoffkreisläufe«, Umschau 79 (1979), Heft 18, S. 559ff.; M. Popp, C. Patermann und H. F. Wagner, Die wesentlichen Ergebnisse von INFCE, atw 4/80; W. Strassburg, INFCE – wesentliche Aussagen und Konsequenzen, Energiewirtschaftliche Tagesfragen 5/80, S. 338ff.; E. Meller, INFCE, eine neue Phase der internationalen Nuklearpolitik, Zeitschrift für Energiewirtschaft 2/80, S. 142ff. Ferner C. Patermann u. G. Stein, Die Behandlung der Proliferation und ihrer Gegenmaßnahmen in INFCE, atw, August/September 1980; dieselben, Die wesentlichen Ergebnisse von INFCE im Hinblick auf Entwicklungsländer, atw, Februar 1981; C. Patermann, Die internationale Bewertung des Brennstoffkreislaufs (INFCE) und ihre Auswirkungen, Energiewirtschaftliche Tagesfragen Heft 3/1981 und E. Münch, B. Richter u. G. Stein, Neuere Modelle internationaler Kooperation, atw, März 1981.

gentinien, Australien, Brasilien, Indien, Indonesien, Israel, Jugoslawien, Korea und Pakistan. Damit konnten Länder verschiedenster Stellung zur Kernenergie für eine Teilnahme gewonnen werden: Uranliefer- und Uranbezieherländer, Länder mit und ohne eine entwickelte Nuklearindustrie, Kernwaffenstaaten und Nichtkernwaffenstaaten. An INFCE nahmen ferner vier internationale Organisationen teil: IAEO, EG, IEA und NEA.

Bei der Organisationskonferenz am 19. bis 21. Oktober 1977 in Washington bestätigten die Vertreter der Teilnehmerländer, daß INFCE eine – im Ergebnis weder für die Teilnehmer noch für die Regierungen verbindliche – technische und analytische Untersuchung und keine Verhandlung sein soll. Die Regierungen sollen in den Stand gesetzt werden, die Ergebnisse von INFCE bei ihrer Kernenergiepolitik und bei Diskussionen über nukleare Kooperationen und damit zusammenhängende Kontrollen und Sicherungsmaßnahmen zu berücksichtigen. Zugleich wurde bei dieser Konferenz die auf die Zeit bis zum Frühjahr 1980 erstreckte Arbeit (Abschlußkonferenz im Februar 1980 in Wien) auf acht Arbeitsgruppen verteilt, jeweils unter dem Vorsitz eines Teilnehmerlandes, unterstützt von einem oder zwei stellvertretenden Vorsitzenden aus anderen Ländern. Die Themen der Arbeitsgruppen entsprechen den Teilschritten des Uran-Plutonium-Brennstoffkreislaufs: Kernbrennstoff (Uran, Thorium) und schweres Wasser, Anreicherung, »ausgedientes Brennmaterial«, Wiederaufarbeitung einschl. Behandlung und Wiederverwendung von Plutonium, Behandlung und Lagerung von Abfällen. Daneben gab es drei atypische Arbeitsbereiche: »Sicherstellung der langfristigen Verfügbarkeit von Technologien, Brennstoffen, schwerem Wasser und Dienstleistungen in Übereinstimmung mit dem Prinzip der Nichtverarbeitung«; »Schnellbrüter« wie schließlich »alternative Brennstoffkreisläufe«.

(2) Die INFCE-Konferenz fand mit der Schlußkonferenz am 25. bis 27. Februar 1980 in der Wiener Hofburg ihr Ende. Zu dem Schlußbericht von etwa 1700 Seiten hatten 519 Experten aus 46 Ländern Beiträge geleistet[21a]. Nach den Feststellungen der Plenarkonferenz hat INFCE drei Thesen bestätigt:

[21a] Der Schlußbericht und die Berichte der verschiedenen Working Groups wurden 1980 von der IAEA in englischer Sprache veröffentlicht.

• daß die Kernenergie voraussichtlich bei der Deckung des Energiebedarfs der Welt eine immer größere Rolle spielen wird und deshalb zu diesem Zweck allgemein zur Verfügung stehen sollte,
• daß wirksame Maßnahmen ergriffen werden können und müssen, um den spezifischen Bedürfnissen der Entwicklungsländer im Bereich der friedlichen Nutzung der Kernenergie gerecht zu werden, und
• daß wirkungsvolle Maßnahmen ergriffen werden können und müssen, um die Gefahr einer Kernwaffenverbreitung auf ein Mindestmaß herabzusetzen, ohne die Energieversorgung oder die Entwicklung der friedlichen Nutzung der Kernenergie zu beeinträchtigen.

(3) Von besonderem Interesse für die zukünftige Nuklearpolitik, zumal die deutsche, sind die Schlußfolgerungen der wichtigsten Arbeitsgruppe, der unter japanischer und britischer Leitung arbeitenden Gruppe IV: Wiederaufarbeitung, Behandlung und Wiederverwendung von Plutonium[22]. Dieser Gruppe oblag vor allem, die amerikanische Philosophie einer längerfristigen Lagerung der abgebrannten Brennelemente zu bewerten im Vergleich zu der westeuropäischen, japanischen und auch sowjetischen Philosophie einer alsbaldigen Wiederaufarbeitung. Die folgenden in Thesenform gebrachten Schlußfolgerungen verdienen festgehalten zu werden:
• Derzeit besteht zumindest aus technischen Gründen keine Notwendigkeit zwischen den beiden alternativen Optionen – längerfristige Lagerung der abgebrannten Brennelemente oder alsbaldige Wiederaufarbeitung – zu entscheiden.
• Kein Brennstoffkreislauf ist einem anderen gegenüber unter allen denkbaren Bedingungen wirtschaftlich überlegen. Das gilt vornehmlich bei einem Vergleich der drei Varianten des U-Pu-Kreislaufs: LWR im Wegwerfzyklus; LWR mit U- und Pu-Rückführung; LWR-SNR-Zyklus. Unter Einsatzbedingungen eines bestimmten Landes können aber eindeutige Präferenzen gegeben sein.
• Uran- und Plutonium-Rückführung in Leichtwasserreaktoren (thermische Rezyklierung) verspricht kaum Kostenvorteile, verbessert aber die Sicherheit der Energieversorgung.
• Die mißbräuchliche Abzweigung von Kernbrennstoffen aus

[22] Vgl. dazu auch W. Diefenbacher und W. G. Jocher, INFCE – Wiederaufarbeitung und thermische Rückführung, atw 7/80, S. 371 ff.

einem Brennstoffzyklus ist weder der einfachste noch der effizienteste Wege der Erlangung von Bombenmaterial.

- Alle Brennstoffkreisläufe können für die Abzweigung von Bombenmaterial mißbraucht werden. Kein Brennstoffkreislauf sollte daher allein deshalb ausgeschlossen werden.
- Richtiger wäre es, diejenigen Abschnitte der verschiedenen Brennstoffkreisläufe zu identifizieren, die »sensitiv« für eine mögliche Proliferation sind. Im Uran-Plutonium-Zyklus sind folgende Abschnitte am sensitivsten:
  - die Wiederaufarbeitung und Brennelementherstellung;
  - die Lagerung von Plutonium;
  - der Plutoniumtransport.
- Das Purex-Verfahren ist das einzige industriell reife Wiederaufarbeitungsverfahren.
- Die Gefahr eines Mißbrauchs von Wiederaufarbeitungsanlagen kann mit technischen Mitteln, durch Sicherheitskontrollen und durch institutionelle Maßnahmen vermindert werden. Technische Mittel kommen vornehmlich in Betracht, um den Diebstahl von Plutonium, weniger aber um eine Abzweigung von Plutonium zu verhindern. Hierfür sind Sicherungskontrollen eher geeignet.
- »Co-Location« (Zusammenlegen wesentlicher Anlagen eines Brennstoffzyklus) und »Co-Conversion« (das bei der Wiederaufarbeitung gewonnene Plutoniumnitrat wird mit einer Teilmenge des zugleich gewonnenen Uranylnitrats vermischt und gemeinsam zu einem Mischoxyd für die Brennstoffverarbeitung gefällt) sind kürzerfristig verfügbare Modifikationen von Entsorgungstechnologien, die das Proliferations-Risiko zu mindern vermögen. »Co-Processing« (Wiederaufarbeitungsverfahren, bei welchem Plutonium nur in Mischung mit Uran anfällt) kann mit dem gleichen Ziel in Betracht gezogen werden, erfordert aber noch Forschungs- und Entwicklungsarbeiten und die Betriebserfahrungen aus einer Versuchsanlage. Andererseits werden »Partial Processing« (die radioaktiven Spaltprodukte und Transplutone werden nur teilweise vom Plutonium getrennt) und »Spiking« (Beimengung von Gammastrahlern hoher Intensität, z. B. Kobalt 60) abgelehnt, weil diese Methoden die Umwelt zusätzlich gefährden und die Sicherheitskontrollen erschweren.
- Das Proliferationsrisiko kann durch den Betrieb von Wiederaufarbeitungsanlagen auf multinationaler Basis, durch die Schaffung von regionalen Brennstoffzentren unter IAEA-Ver-

waltung, durch die Errichtung einer Internationalen Kernenergie-Behörde oder durch ein internationales Lagerungssystem für Überschußplutonium vermindert werden.

6.4. Ausblick

6.4.1. Anstehende Entscheidungen

Das Jahr 1980 stand im Zeichen wichtiger nuklearpolitischer Entscheidungen. Drei Termine fielen in dieses Jahr:
- der Abschluß von INFCE im Februar 1980,
- der Ablauf der (verlängerbaren) Karenzfrist für die amerikanische NNPA 78 im März 1980[23],
- die zweite Überprüfungskonferenz für den NPT im August und September 1980.

Auch nach diesen Ereignissen, auf die in diesem Kapitel eingegangen wurde, ist es nicht möglich, einigermaßen verläßlich vorauszusagen, ob und in welcher Orientierung eine internationale Einigung über die offenen nuklearpolitischen Fragen zustandekommen wird. Zwei Umstände erschweren eine solche Einigung: die ungewisse amerikanische Nichtverbreitungspolitik nach dem Präsidentenwechsel und die durch den sowjetischen Einmarsch in Afghanistan wesentlich verstärkte internationale Spannung. Andererseits dürfte die in der Folge der Ereignisse im Iran und nach den OPEC-Konferenzen von Caracas, Algier und Bali unsicherer gewordene und verteuerte Versorgung der Welt mit Energie die politisch Verantwortlichen eher geneigt machen, in Lösungen einzuwilligen, auch wenn damit nicht alle ihre Forderungen und Wünsche erfüllt werden. Das hieße, daß die drei fundamentalen »Asymmetrien«[24] zwischen den Industrieländern der westlichen und der östlichen Hemisphäre durch Kompromißformeln ausgeglichen werden könnten:

[23] Hinsichtlich des Abkommens zwischen den USA und der EG machte der amerikanische Präsident J. Carter von seinem Recht Gebrauch, die am 10. März 1980 abgelaufene Frist, binnen der Verhandlungen für eine Anpassung dieses Vertrages an den NNPA 78 geführt werden müssen, um ein Jahr zu verlängern. Daraufhin begannen am 17. April 1980 die bis nach dem Abschluß von INFCE hinausgeschobenen Neuverhandlungen über dieses Abkommen.

[24] Vgl. den Bericht »West European Nuclear Energy Development: Implications for the United States« des US Senate Subcommittee on Foreign Relations vom Juni 1979 (a. a. O.), S. 2.

- für die USA hat die Nichtverbreitung, für Europa und Japan dagegen die Energieversorgung Priorität;
- die USA können mit neuen Nukleartechnologien abwarten, Europa und Japan dagegen nicht;
- die USA meinen, das klassische Kontrollsystem werde versagen, Europa und Japan teilen diese Auffassung nicht.

6.4.2 Weltpolitische Implikationen

Die Besetzung Kambodschas durch Truppen des Vietnam im Januar 1979, die Strafexpedition Chinas gegen den Vietnam im Februar 1979 der Einmarsch sowjetischer Truppen in Afghanistan um die Jahreswende 1979/80 und der Irak-Konflikt 1980 haben uns vor Augen geführt, daß die Gefahr einer militärischen Auseinandersetzung zwischen den beiden Machtblökken keineswegs ausgeräumt ist. Daher ist auch die Frage zu prüfen, ob die internationale, auf die Abwendung der Gefahr einer Ausbreitung von Kernwaffen gerichtete Nuklearpolitik die strategische Relation zwischen West und Ost verschiebt oder verschieben kann. Als vorgegebenes Datum geht in diese Überlegung ein, daß der – wegen des Unfallrisikos und der Akzeptanzproblematik sicherlich nicht gefahrlose – schnelle und kompromißlose Ausbau der Kernenergie im COMECON den Ländern des Warschauer Pakts im Vergleich zu den Ländern des atlantischen Bündnisses wirtschaftliche Vorteile bringt, ganz abgesehen von der Tatsache, daß die Ölverknappung und Ölverteuerung den Westen stärker trifft als den Osten.

Drei Überlegungen verdienen in diesem Zusammenhang festgehalten zu werden:

(1) Sowohl der Westen als auch der Osten hatten ihr traumatisches Erlebnis erfolgloser Nicht-Verbreitungspolitik, der Westen mit der indischen Bombe 1974 und die Sowjetunion – 10 Jahre vorher und sicherlich noch stärker – mit der chinesischen Bombe 1964 als Frucht langjähriger bilateraler Kooperation. Die Sowjetunion hat aus diesem Ereignis schon entsprechend früh Folgerungen gezogen. Die Kernenergie wurde in den übrigen Ländern des COMECON fortan nur in voller Abhängigkeit und unter strikter Aufsicht der Führungsmacht entwickelt, was auch wegen der ausgeprägten politischen, wirtschaftlichen und technologischen Dominanz der Sowjetunion im Ostblock – anders als im Westen – möglich war. Dadurch, daß sich die Sowjetunion die Wiederaufarbeitung und die Brüterentwick-

lung von Anfang an vorbehielt, kamen die damit zusammenhängenden Proliferationsrisiken in den übrigen Ländern des COMECON gar nicht erst zur Entstehung. Die Sowjetunion war aber im Gegenzuge auch bereit, die in diesen Ländern abgebrannten Brennelemente zur Wiederaufarbeitung zu übernehmen, wozu sich die USA bislang nicht entschließen konnten[25].

In der westlichen Welt war die Lage schon deshalb wesentlich schwieriger, weil hier die Führungsmacht, die USA, die nuklearen Aktivitäten keineswegs auf sich vereinigte. So waren im Laufe der Jahre zwei weitere Kernwaffenstaaten – das Vereinigte Königreich und Frankreich – und zwei Nichtkernwaffenstaaten – Deutschland und Japan – in der Lage, den Brennstoffkreislauf absehbar zu schließen und in die Brüterentwicklung einzusteigen.

Die durch den Atomwaffensperrvertrag (NPT) begründete Interessengemeinschaft der beiden großen Nuklearmächte erfordert eine zwischen diesen beiden Mächten abgestimmte Politik gegenüber den übrigen Kernwaffenstaaten und vor allem gegenüber der Vielzahl der Nichtkernwaffenstaaten. Diese Abstimmung setzt ein wechselseitiges Mitspracherecht der beiden Weltmächte voraus, ja sie schließt konsequenterweise ein solches Recht ein. Da die NPT-Politik aus den dargestellten Gründen im Westen weit schwieriger durchzusetzen ist als im Osten, konnte die Sowjetunion mit der ihr notwendigerweise zugestandenen Mitsprache im Westen erheblich an Einfluß gewinnen – vor allem dadurch, daß sie Konfliktsituationen taktisch geschickt ausnutzte und ausnutzt. Daß dies nicht nur bei Verhandlungen über nuklearpolitische Vereinbarungen möglich war, sondern auch in konkreten Situationen, zeigen die Folgewirkungen der indischen Bombe von 1974. Nach diesem Ereignis machte Kanada die Versorgung des Kernkraftwerks Rajastan 2 mit schwerem Wasser von der Zustimmung Indiens zu umfassenden Kontrollen abhängig. Indien lehnte dies ab. Daraufhin kam 1977 eine Liefervereinbarung zwischen der Sowjetunion und Indien zustande, die zur Bedingung hatte, daß die

[25] Vgl. dazu H. Mendershausen, Kernbrennstoffpolitik in West und Ost, und H. Michaelis, West-Ost-Kooperation im Atomenergiebereich, Referate auf dem Internationalen Symposium am 16. bis 18. Mai 1979 in Bonn: ›Rechtliche und wirtschaftliche Beziehungen zwischen den Integrationsräumen in West- und Osteuropa‹, beide Referate sind abgedruckt bei G. Zieger u. A. Lebahn (Hrsg.), Rechtliche und Wirtschaftliche Beziehungen ..., Baden-Baden 1980.

IAEO-Kontrolle sich – nur – erstreckt auf das Kernmaterial, das in dem so versorgten Kraftwerk oder mittels eben dieses schweren Wassers erzeugt, verarbeitet oder verwendet wird[26]. Das ist weniger als die von Kanada angestrebten »Full Scope Safeguards«[27].

(2) Wie bereits dargestellt, wurde bei der Verabschiedung des amerikanischen Nuclear Non Proliferation Act of 1978 (NNPA 78) eine Belastung der Beziehungen zu den Bündnispartnern in Westeuropa und zu Japan bewußt in Kauf genommen. Auf sowjetischer Seite ist um diese Zeit keine vergleichbare Entwicklung eingetreten. Das bedeutet, daß die in ihrer Ziel- und Mittel-Adäquanz durchaus umstrittene amerikanische Politik auch zu einer für den Westen nachteiligen Verschiebung der Machtverhältnisse zwischen den beiden Blöcken geführt hat. Diese Überlegung berücksichtigt noch nicht die Verschiebungen wirtschaftlicher Kräfteverhältnisse deswegen, weil wenigstens ein Land der westlichen Welt – die USA – auf die Entwicklung des Brüters aus Proliferationsgründen verzichtet, die Sowjetunion an dieser Reaktorlinie aber unbeirrt festhält. In-

[26] Im Mai 1980 erhielt Indien eine erste Lieferung von 30 t der insgesamt zugesagten 250 t schweren Wassers aus der Sowjetunion. Indien bestätigte ausdrücklich, daß die Sowjetunion nicht darauf bestehe, daß alle indischen nuklearen Einrichtungen einer internationalen Überwachung unterstellt werden.

[27] Ein erster – zunächst und voreilig als Dammbruch gewerteter – Schritt in diese Richtung wurde inzwischen getan: gegen den Einspruch der Nuclear Regulatory Commission (NRC) ordnete der Präsident der Vereinigten Staaten J. Carter am 20. Juni 1980 an, Indien 38 t auf 2,7% angereichertes Uran für die beiden Blöcke des Kernkraftwerks Tarapur zu liefern, obwohl Indien nach wie vor weder bereit ist, dem NPT beizutreten, noch seine Anlagen vertraglich einer Inspektion durch die IAEO zu unterwerfen. Indien hatte erklärt, es würde sich im Falle fortgesetzter Lieferweigerung der USA nicht mehr an die im Kooperationsvertrag verankerte Pflicht gebunden fühlen, ohne Zustimmung Washingtons auf die Aufarbeitung des Brennstoffs und die Extraktion des Plutoniums zu verzichten. Diese heftig umstrittene Entscheidung des amerikanischen Präsidenten wurde vom Repräsentantenhaus mit 298 gegen 98 Stimmen verworfen, aber vom Senat mit 48 zu 46 Stimmen gebilligt und blieb damit gültig. Mit der im Oktober 1980 begonnenen Lieferung erkannte Washington somit an, daß der NNPA 78 de facto nicht durchgesetzt werden kann. Im April 1981. d.h. nach dem Amtsantritt des neuen Präsidenten R. Reagan, teilten die Vereinigten Staaten dann aber Indien mit, sie strebten an, das auf 30 Jahre abgeschlossene Uranlieferabkommen für Tarapur gütlich zu beenden. Bei den nunmehr anstehenden Verhandlungen geht es vor allem darum, ob Indien, wie dieses Land es fordert, über den in den letzten Jahren angesammelten Vorrat von abgebrannten Brennelementen – aus dem im Wege der Wiederaufarbeitung große Mengen an Plutonium gewonnen werden können – frei verfügen darf oder ob diese Vorräte einer gemeinsamen Sicherheitskontrolle unterworfen werden.

wieweit die mit dem Amtswechsel im Weißen Haus geänderte Orientierung der amerikanischen Nuklearpolitik zu einer neuen, diesmal für den Westen günstigen Gewichtsverlagerung führt, bleibt abzuwarten und abzuschätzen.

(3) Ein dritter Punkt verdient hervorgehoben zu werden. Die seit den Verhandlungen über den Atomwaffensperrvertrag andauernden Auseinandersetzungen zwischen den Industrieländern und den Entwicklungsländern über den Zugang dieser Länder zur Kernenergie haben im Ergebnis die Position der Entwicklungsländer erheblich aufgewertet. Zuletzt kam dies darin zum Ausdruck, daß im Zusammenhang mit der Neuwahl des Generaldirektors der Wiener Organisation im September 1981 – der deutsche Kandidat, Staatssekretär H. H. Haunschild hat nicht die erforderliche Zweidrittelmehrheit erlangen können, Nachfolger des Schweden S. Eklund wurde sein Landsmann H. Blix – die Entwicklungsländer eine Mehrheit im Gouverneursrat erwirkten und durchsetzten, daß sie mehr leitende Beamte in der Agentur stellen werden. Im Ergebnis heißt dies, die Politik der IAEO wird stärker auf die Belange der Entwicklungsländer abgestellt. Diese Länder werden die Kernenergie zügiger als bisher ausbauen. In der Tat werden derzeit in wenigstens zwanzig Ländern der Dritten Welt – darunter allen größeren Ländern – Kernkraftwerke betrieben, gebaut oder geplant[28].

[28] Im Herbst 1981 betrieben sechs Entwicklungsländer Kernkraftwerke: Argentinien, Brasilien, Indien, Pakistan, Süd-Korea und Taiwan. In zwei weiteren Entwicklungsländern – Mexiko und Philippinen – waren Kernkraftwerke im Bau. Das Timing für den Ausbau der Kernenergie in den anderen Entwicklungsländern ist – ungeachtet der erklärten Bereitschaft vieler dieser Länder – schwer abzuschätzen. Die IAEO erwartet, daß 1990 in Entwicklungsländern insgesamt 33 GWe Nuklearleistung installiert sein werden.

Während der letzten Phase der Drucklegung dieses Buches im Herbst und Winter 1981/82 haben sich in einigen Bereichen die Voraussetzungen für die Entwicklung der Kernenergie positiv verändert und die Haltung der Politiker und der Öffentlichkeit zur Kernenergie deutlich geklärt. Nachstehend einige Informationen, die Ausführungen in den vorangehenden Kapiteln ergänzen.

7.1 Ölsparerfolge

In nicht erwartetem Maße wurde im Laufe des Jahres 1981 Öl eingespart (vgl. S. 251). Die folgenden fünf Feststellungen belegen dies:

- Der Ölverbrauch der Welt verringerte sich zwischen 1980 und 1981 von 57,3 auf 54,4 Mio B/d, d.h. um 5,1% (Mitteilung der Commodities Research Unit Ltd London vom September 1981).
- Die Mitgliedstaaten der OECD (die westlichen Industrieländer) verminderten ihren Ölverbrauch zwischen 1980 und 1981 von 35,5 auf 32,9 Mio B/d, d.h. um 7,3%. Zwischen 1979 und 1980 war bereits eine Verminderung um 8,3% erreicht worden. Die Verminderung des Ölverbrauchs im Frühjahr und Sommer 1981 war verbunden mit einer Verringerung des Durchschnittspreises für OPEC-Öl von 35,46 $/B im März 1981 auf 33,86 $/B im September 1981 (Mitteilung der IEA vom Oktober 1981).
- Zwischen dem 1. Halbjahr 1980 und dem 1. Halbjahr 1981 verringerten sich die Netto-Ölimporte in die Mitgliedstaaten der OECD von 600 auf 505 Mio t, d.h. um 15,8% (Mitteilung der IEA vom Oktober/November 1981).
- In der Bundesrepublik Deutschland ging zwischen 1980 und 1981 der Ölverbrauch von 118,1 auf 105,9 Mio t, d.h. um 10,3% zurück (Mitteilung der ESSO vom Januar 1982).
- Die Ölimporte in die Bundesrepublik Deutschland verringerten sich zwischen Januar bis Oktober 1980 und Januar bis Oktober 1981 von 81,7 auf 66,2 Mio t, d.h. um 19%. Zugleich stieg aber der (10-Monats-)Durchschnitts-Einfuhrpreis von 446,30 auf 623,15 DM/t. Dieser Preis erreichte sein Maximum im August 1981: 659,45 DM (Mitteilung des Bundesamts für gewerbliche Wirtschaft vom 24. November 1981).

Hier sei dahingestellt, inwieweit diese Sparerfolge auf die Ölpreissteigerungen, den Rückgang der Wirtschaftstätigkeit und/oder dekretierte Einsparungsmaßnahmen zurückgehen. Das Energiewirtschaftliche Institut an der Universität Köln (H. W. Schiffer) ist der Meinung, die Verminderung des Ölverbrauchs in der Bundesrepublik Deutschland um rund 30 Mio t zwischen 1979 und 1981 gehe zu 70% auf Einspar- und Substitutionsprozesse und zu 30% auf die Konjunkturabschwächung zurück.

7.2 Die Dritte Fortschreibung

Nach einer bemerkenswert moderaten Diskussion in den beiden Regierungsparteien, der SPD und der F.D.P., verabschiedete die Bundesregierung am 4. November 1981 die seit längerem erwartete Dritte Fortschreibung ihres Energieprogramms[1] (vgl. insbesondere S. 157ff. und 366ff.). Dieses neue Programm will die Kernenergie nicht mehr auf die Deckung des Restbedarfs beschränken, sondern weist ihr eine deutlich positivere Rolle zu als die vier Jahre zurückliegende Zweite Fortschreibung vom Herbst 1977, unter deren Geltung kein einziges Kernkraftwerk mehr bestellt wurde.

Die Dritte Fortschreibung stellt fest, daß der Ausbau der Kernenergie nicht so weit vorangeschritten ist wie dies früher für möglich gehalten wurde: »Der gegenwärtige Beitrag der Kernenergie sowie ihre Planungs- und Bauzeiten entsprechen nicht den energie- und industriepolitischen Erfordernissen.« (Text-Ziffer 10) Die Kernenergie müsse einen weiter steigenden Beitrag zur Stromerzeugung leisten. Über die vorhandenen und im Bau befindlichen Anlagen hinaus sollten im Rahmen des Bedarfs neue Kernkraftwerke zugebaut werden. Dies sei geboten (vgl. TZ 32 und 79)

- weil andere Energieträger zur Grundlast-Stromerzeugung – Steinkohle, Öl, Erdgas und (wegen der Möglichkeit der Veredlung) auf längere Sicht auch Braunkohle – nur begrenzt zur Verfügung stehen,
- weil Strom aus Kernenergie in der Grundlast nach wie vor und zudem zunehmend kostengünstiger ist als Strom aus Steinkohle,
- weil der Ausbau der Kernenergie industriepolitischen Notwendigkeiten entspricht und

[1] Bundestags-Drucksache 9/983 v. 5. 11. 81

- weil die Kernenergie zur gewünschten Entlastung der Zahlungsbilanz beiträgt.

Ebenso wie in der Zweiten Fortschreibung macht sich die Bundesregierung die Ergebnisse der in eigener Verantwortung von den energiewirtschaftlichen Instituten vorgenommenen Vorausschätzungen (s. unter 7.3) nicht zu eigen. Dies gelte insbesondere auch für die für 1995 veranschlagte Kernenergie-Leistung. Die Bundesregierung meint aber, die Institute hätten auf der Basis der verfügbaren Erkenntnisse die wesentlichen Trends plausibel eingeschätzt (TZ 20).

Die Dritte Fortschreibung bestätigt im übrigen den von der Bundesregierung in jüngerer Vergangenheit mehrfach bekundeten Willen,

- die Genehmigungsverfahren zu straffen (TZ 80) – s. unter 7.8,
- die Sicherheit der Kernkraftwerke zu verbessern (TZ 81),
- am Entsorgungskonzept festzuhalten (TZ 82) – s. unter 7.7,
- die Uranversorgung langfristig abzusichern (TZ 83) und
- die Projekte des SNR 300 in Kalkar und des THTR 300 in Schmehausen zum Erfolg zu führen (TZ 84 und 85); Nachfolgeprojekte müßten aber von der Wirtschaft getragen werden (TZ 86) – s. unter 7.5 und 7.6.

Der Verfasser begrüßt diese Fortschreibung und hofft, daß ihre Ziele gegen alle Widerstände verwirklicht werden können. Ob dies gelingen wird, bleibt aber fraglich.

7.3 Energieprognose der Institute bis 1995

Zur Vorbereitung und Absicherung der Dritten Fortschreibung hat der Bundesminister für Wirtschaft Mitte 1980 drei Institute – das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) in Berlin, das Energiewirtschaftliche Institut (EWI) an der Universität Köln und das Rheinisch-Westfälische Institut für Wirtschaftsforschung (RWI) in Essen – gemeinsam beauftragt, den Energieverbrauch der Bundesrepublik Deutschland und seine Dekkung bis zum Jahre 1995 zu untersuchen[2] (s. unter 7.2). Die Institute waren dabei in der Wahl der Basisannahmen ihrer Vorausschätzungen vollkommen frei und selbstverantwortlich.

Das gewählte Basisjahr 1978 war insofern problematisch, als

[2] Essen (Glückauf) 1981.

die seither – bis 1981 – abgelaufene Entwicklung die wirtschaftliche und energiewirtschaftliche Rezession deutlich widerspiegelt. Zwischen 1978 und 1981 (vorläufig) hat sich
- das reale BSP nur um 6% erhöht,
- die Zahl der Arbeitslosen um 300000 vermehrt und
- der Primärenergieverbrauch um 4% vermindert.

Es sollte aber berücksichtigt werden, daß eine längerfristige Prognose von einem Jahr mit einigermaßen ausgeglichener Konjunktur – wie 1978 – ausgehen sollte. Erfahrungsgemäß sind Aussagen in einer Phase des Aufschwungs regelmäßig zu günstig und solche in einer Phase der Rezession zu ungünstig.

Bei ihren Aussagen kamen die Institute zu voneinander abweichenden Ergebnissen mit einer bemerkenswerten Ausnahme: in der prognostizierten Kernenergie-Leistung für 1985 stimmen sie fast überein. Nachstehend wird jeweils der niedrigste und der höchste Wert der drei vorgelegten Varianten (A, B und C) genannt.

Vergleichsweise breit gefächert sind die gesamtwirtschaftlichen Basisannahmen

1978 bis 1995 in % p.a.	
Wirtschaftswachstum	2,2 bis 3,4
Produktivitätszuwachs	2,4 bis 3,3
1995 in Mio	
Wohnbevölkerung	57,3 bis 60,9
Erwerbspersonen	25,8 bis 27,4
Arbeitslose	0,7 bis 1,8

Die aus diesen Basisannahmen abgeleiteten energiewirtschaftlichen Vorausschätzungen bis 1995 sind nachstehend zusammengestellt:

	Primär-energie-Verbrauch Mio t SKE	Endenergie-Verbrauch Mio t SKE	Strom-Verbrauch TWh	Strom-erzeugungs-Kapazität GWe
Basisjahr				
1978	389	261	370	85
1995	460–497	279–291	582–632	120–125
1978–1995				
in % p.a.	1,0–1,4	0,4–0,7	2,7–3,2	2,0–2,3

Signifikantestes Untersuchungsergebnis ist das überdurchschnittliche Wachstum des Stromverbrauchs (2,7 bis 3,2% p.a.) bei kaum steigendem Endenergieverbrauch (0,4 bis 0,7% p.a.).

Im Primärenergieverbrauch kommt diese Vorausschätzung für 1990 (Mittelwert der drei Varianten : 449 Mio t SKE) zu einem um 14% niedrigeren Wert als die von den gleichen drei Instituten zur Zweiten Fortschreibung im Jahre 1977 vorgelegte Vorausschätzung (Mittelwert aus Basisfall und Variante: 552 Mio t SKE; vgl. S. 157ff.). Diese Verminderung spiegelt die strukturbedingte Zurücknahme der Wachstumserwartungen wieder.

Die Institute erwarten, daß sich die Anteile der wichtigsten Primärenergien am gesamten Primärenergieverbrauch zwischen 1978 und 1995 wie folgt verändern werden (Mittelwerte in %):

	1970	1975	1978	1981[a]	1985	1990	1995
Steinkohle	28,7	19,1	17,8	20,9	20,3	21,7	22,0
Mineralöl	53,1	52,1	52,3	45,1	43,3	38,0	33,8
Braunkohle	9,1	9,9	9,2	10,7	8,3	8,5	8,2
Erdgas	5,5	14,2	15,5	15,4	16,9	16,5	15,8
Kernenergie	0,6	2,0	3,0	4,8	8,3	12,0	16,6

[a] Januar bis September

Bemerkenswert ist die vergleichsweise nur geringe Verminderung des Verbrauchsanteils des Mineralöls und die Konstanz des Verbrauchsanteils des Erdgases.

Zur Entwicklung der installierten Kernenergie-Leistung gelangen die Institute zu den folgenden nur für 1995 voneinander geringfügig abweichenden Voraussagen (Angaben in GWe *brutto* – vgl. S. 344)

1978	8,7
1981 (Ende)	10,4
1985	17,6
1990	26,5
1995	36,8 bis 39,5

Zusätzlich zu den derzeit betriebenen 10,4 GWe (einschl. Grafenrheinfeld) und den derzeit in Bau befindlichen 10,0 GWe (THTR, SNR, Krümmel, Mülheim-Kärlich, Grohnde, Brokdorf, Gundremmingen A u. B sowie Philippsburg II) müßten danach weitere etwa 17 GWe Kernkraftleistung im Bau begonnen werden und bis 1995 ans Netz gehen. In Betracht kämen:

- fünf Vorhaben im Genehmigungsverfahren (Konvoi) mit insgesamt 6,5 GWe: Lingen, Ohu 2, Biblis C, Neckarwestheim 2 und Hamm,
- sieben Vorhaben in weiterer Planung mit insgesamt 9,1 GWe: Neupotz 1 u. 2, Wyhl, Borken, Vahnum A und B und Pfaffenhofen.

7.4 Mitterands Kernenergie-Ausbauprogramm

Wie auf S. 337 ausgeführt, hatte der französische Ministerrat am 30. Juli 1981 beschlossen, im Vorgriff auf die im sozialistischen Wahlprogramm zugesagte Überprüfung des französischen Kernenergie-Ausbauprogramms das Genehmigungsverfahren und den Baubeginn für fünf zum Teil bereits in der Baustellenvorbereitung befindliche Kernkraftwerke bis zu einer Energiedebatte des Parlaments im Oktober 1981 auszusetzen. Abgesehen von dem von vornherein aufgegebenen Projekt Plogoff handelt es sich um die Projekte Golfech, Pellerin, Chooz, Civeaux und die Blöcke 3 und 4 von Cattenom.

Die französische Nationalversammlung entschied daraufhin in zweitägiger Debatte am 7. und 8. Oktober 1981, die die Regierung Mauroy mit der Vertrauensfrage verknüpft hatte, in den Jahren 1982 und 1983 insgesamt sechs Kernkraftwerks-Blöcke mit 7400 MWe anstelle der nach den Planungen von Giscard d'Estaing vorgesehenen neun Blöcke mit 11300 MWe in Auftrag zu geben. Damit werden die eingefrorenen Projekte in ihrer Mehrzahl realisiert werden. Dies gilt insbesondere für die beiden Blöcke 3 und 4 von Cattenom. Hierfür spricht auch die Tatsache, daß für sämtliche suspendierten Projekte die bereits vorher eingeleiteten Verfahren zur Erlangung der regionalen Zustimmung wieder aufgenommen und zum Teil bereits

abgeschlossen wurden. Im Ergebnis wird der Ausbau der Kernenergie in Frankreich nur geringfügig reduziert. Nun wird erwartet, daß der Kernenergiebeitrag zur französischen Primärenergie-Versorgung 1990 26,4 bis 27,2% anstelle der unter Giscard d'Estaing visierten 30% erreichen wird.

Die Nationalversammlung bestätigte zugleich das von der Regierung eingebrachte Programm zur Wiederaufarbeitung, das eine Erweiterung der Anlage in La Hague vorsieht. Über den Bau kommerzieller Brutreaktoren soll erst nach Inbetriebnahme des Super-Phénix, dessen Fertigstellung bestätigt wurde, entschieden werden. Das wird frühestens 1984 der Fall sein.

7.5 Status der Finanzierung des SNR 300

Wegen der Haushaltsschwierigkeiten war im zweiten Halbjahr 1981 mehrfach ungewiß, ob die notwendigen Mittel zur Vollendung des Baues des SNR 300 in Kalkar aufgebracht werden können – mit der unabweislichen Folge einer erstmalig Ende September 1981 drohenden Einstellung der Bauarbeiten. Diese Finanzierungsschwierigkeiten gaben der Bundesregierung Veranlassung, mit Kabinettsbeschluß vom 23. September 1981 zu fordern, daß sich die Betreiber-EVU an den inzwischen auf 5 Mrd DM gestiegenen Gesamtkosten des SNR 300 mit ca. 1,1 Mrd DM beteiligen. Die Gesamtkosten würden danach wie folgt finanziert werden:

BMFT	2215 Mrd DM	44,3%
Investitionszulage	440 Mrd DM	8,8%
Belgien	470 Mrd DM	9,4%
Niederlande	470 Mrd DM	9,4%
KWU	20 Mrd DM	0,4%
SBK*	266 Mrd DM	5,3%
Betreiber	1119 Mrd DM	22,4%
insgesamt	5000 Mrd DM	100%

* ursprünglich vorgesehener Finanzierungsanteil der Schnell-Brüter-Kraftwerksgesellschaft (ca. 70% RWE und 30% niederländische und belgische EVU)

Seit dem 23. September 1981 gaben drei EVU Finanzierungszusagen: das RWE mit 375 Mio DM und die Preußenelektra zusammen mit den NWK mit 172 Mio DM, insgesamt somit 542

Mio DM. Diese Zusagen sind an mehrere Bedingungen geknüpft, deren wichtigste die folgenden sind:
- die Gesamtfinanzierung muß gesichert sein;
- die Inbetriebnahme des SNR 300 darf nicht durch einen Beschluß des Bundestages verhindert werden; im Falle eines Negativ-Votums wollen die Betreiber alle Zahlungen einstellen;
- alle Teilerrichtungsgenehmigungen müssen – sofort vollziehbar – vorliegen;
- der Finanzierungsbeitrag muß als abzugsfähige Betriebsausgabe anerkannt und bei Strompreiserhöhungen berücksichtigt werden.

Nach den Zusagen von RWE, Preußenelektra und NWK fehlen noch 572 Mio DM, für die nach der Meinung der Bundesregierung vornehmlich süddeutsche EVU aufkommen sollten. Aus diesem Grunde führte der Bundesminister für Forschung und Technologie A. von Bülow im Dezember 1981 Gespräche sowohl mit dem Ministerpräsidenten von Baden-Württemberg L. Späth und dem Wirtschaftsminister von Bayern A. Jaumann als auch mit Vertretern der Elektrizitätswirtschaft und der Kraftwerkshersteller, insbesondere mit vier großen süddeutschen EVU. Diese Gespräche hatten immerhin zum Ergebnis, daß das Bundeskabinett den Bundesminister für Forschung und Technologie am 16. Dezember 1981 beauftragte, bis Ende Januar/Anfang Februar 1982 weiter zu verhandeln. So lange wird die Bundesregierung die Mittel wie bisher vorstrecken.

Die Finanzierungsprobleme akzentuierten sich, als der niederländische Ministerpräsident D. van Agt in der am 16. November 1981 abgegebenen Erklärung der neugebildeten Mitte-Links-Regierung den Wunsch nach Beendigung, zumindest aber nach Begrenzung der vertraglich vereinbarten 15%igen Beteiligung der Niederlande an dem Projekt bekanntgab. Auch die belgische Regierung trägt sich mit ähnlichen Absichten.

In diesem Zusammenhang sei angemerkt, daß die CDU/CSU-Opposition am 10. Dezember 1981 im Deutschen Bundestag mit ihrem Bemühen scheiterte, den obenbezeichneten Parlamentsvorbehalt aus dem Jahre 1978 – das Erfordernis der Zustimmung des Bundestages zu einer Inbetriebnahme des SNR 300 – zu Fall zu bringen. Nun bleibt es dabei, daß die Enquetekommission »Zukünftige Kernenergiepolitik« bis zum 31. Juli 1982 eine Empfehlung zur möglichen Inbetriebnahme des SNR 300 abgeben wird. In Kenntnis dieser Empfehlung

wird der Bundestag dann entscheiden, ob der Vorbehalt entfällt oder fortbesteht. Da die EVU – verständlicherweise – nicht gewillt sind, mit dem Risiko einer Versagung der Betriebsgenehmigung durch den Bundestag weitere Zahlungen zu leisten, wird die Bundesregierung die erforderlichen Mittel so lange auch vorstrecken müssen.

Zumal nach der am 15. Oktober 1981 erteilten vierten Teilerrichtungsgenehmigung sind die Arbeiten in Kalkar so weit fortgeschritten, daß eine Einstellung der Bauarbeiten den Bund – schon wegen der dann zu befriedigenden Regreßansprüche – teurer zu stehen käme als eine Fertigstellung des Vorhabens. Diese normative Kraft des Faktischen sollte letztlich auch die Politiker bewegen, ihre Vorbehalte gegen die Vollendung dieses energie- und industriepolitisch gleich bedeutenden Projektes fallen zu lassen.

7.6 Die Zukunft des HTR

Anders als beim SNR 300 ist man beim THTR 300 in Schmehausen nicht in erster Linie besorgt, daß der Bau dieses Prototyps mangels finanzieller Mittel abgebrochen werden muß. Offen, ungewiß und streitig ist vielmehr die Orientierung, in welcher der HTR weiterentwickelt werden soll, konkret: das Nachfolgeprojekt (s. S. 475ff.). Diese Frage hat sich im Laufe der Jahre aber eingeengt. Ausgeschieden sind u.a. das Gulf-Konzept (S. 475) und die Helium-Turbine großer Leistung (S. 477).

Im Jahre 1981 standen noch die beiden folgenden Varianten einer Weiterentwicklung des HTR zur Wahl:

- das in Fortentwicklung des AVR und des THTR von der BBC/HRB präsentierte klassische HTR-Konzept in Blockbauweise mit einem Leistungsspektrum zwischen 250 MW_{th}/100 MWe und etwa 1150 MW_{th}/450 MWe[3];
- das von der KWU/GHT präsentierte Modulkonzept mit standardisierten Modul-Grundeinheiten einer Leistung von 200 MWth/80 MWe[4].

Offen ist vor allem die zukünftige Verwendung dieser Reak-

[3] S. E. Baust, J. Schöning und W. Wachholz, Status und Möglichkeiten des Hochtemperaturreaktors. atomwirtschaft Heft 1/82, S. 22.

[4] H. Reutler und G. H. Lohnert, Ein neues Konzept für den Kugelhaufenreaktor. atomwirtschaft Heft 1/82, S. 18.

torlinie. Erste Klärungen brachten das HTR-Statusseminar am 21. September 1981 in Jülich und das Symposium über die Einsatzmöglichkeiten von Hochtemperaturreaktoren mit kleiner Leistung am 13. November 1981 in Düsseldorf. Folgende erste Ergebnisse dieser durch Aussagen potentieller Betreiber oder Verwender recht aufschlußreichen Veranstaltungen verdienen hervorgehoben zu werden:

(1) Ein HTR zur Stromerzeugung hat keine Chance, sich gegenüber dem LWR durchzusetzen. Damit zerrinnen auch politische Wunschvorstellungen sowohl in Nordrhein-Westfalen (Wirtschaftsminister R. Jochimsen) als auch in Hamburg (Wissenschaftssenator H. Sinn; s. S. 356).

(2) Die rezessionsbedingten Haushaltsschwierigkeiten wie auch die Ernüchterung hinsichtlich der Möglichkeiten einer großtechnischen Veredelung heimischer Steinkohle mit der Folge verringerter Bereitschaft der potentiellen Betreiber und Nutzer, Finanzmittel bereitzustellen, haben einer Prototypanlage Nukleare Prozeßwärme (PNP) mit einem großen HTR von etwa 2250 MWth/900 MWe die Realisierungschancen genommen (vgl. S. 477ff. und 541).

(3) Ein HTR mit einer Leistung an der unteren Grenze des in Betracht gezogenen Leistungsspektrums – 200 bis 250 MWth/ 80 bis 100 MWe – hätte wegen seiner hohen Wärme- bzw. Stromerzeugungskosten wenig Aussichten, industriell eingesetzt zu werden. Nachteilig sind insbesondere die hohen fixen Kosten für die Sicherheit und das Genehmigungsverfahren – ungeachtet aller Schwierigkeiten, die die Standortwahl und -durchsetzung für solche kleinen HTR in Ballungszentren und/ oder Industriezonen mit sich bringen würde. Bei dem Symposium in Düsseldorf war jedenfalls das Echo der Industrie auf das Angebot eines HTR der bezeichneten kleinen Leistung enttäuschend. Die chemische Industrie verwies auf die Schwierigkeiten, die das BASF-Projekt in Ludwigshafen (S. 766) scheitern ließen. Hier sei auch angemerkt, daß die beiden Hersteller die Kostendegression im Falle einer Zusammenschaltung modularer Kleinanlagen ganz unterschiedlich einschätzen.

Nach diesen Feststellungen ist derzeit noch am ehesten zu erwarten, daß als Nachfolgeprojekt ein HTR mittlerer Leistung – 510 MWth/200 MWe bis 1150 MWth/450 MWe – für Prozeßwärmezwecke, und zwar als Demonstrationsanlage für die Kohlevergasung, gewählt wird.

Die Dritte Fortschreibung (s. unter 7.2) registriert vier Fortschritte bei der Realisierung des Entsorgungsbeschlusses vom September 1979 (Text-Ziffer 82):

- die Zwischenlagerung konkretisiere sich (zentrale Zwischenlager und Kompaktlager bei den Kraftwerken);
- »die Regierungschefs von Bund und Ländern (hätten) festgestellt, daß nach heutigem Stand von Wissenschaft und Technik Wiederaufarbeitung sicherheitstechnisch realisierbar ist und die notwendige Entsorgung der Kernkraftwerke unter den Gesichtspunkten der Ökologie und Wirtschaftlichkeit gewährleistet«;
- eine Antwort auf die Frage, ob direkte Endlagerung Sicherheitsvorteile bietet, kann Mitte der 80er Jahre gegeben werden;
- die Standorterkundung am Endlager Gorleben schreitet fort, eine Entscheidung ist bis Ende der 80er Jahre möglich.

Dieser positiven Aussage der Dritten Fortschreibung sind zwei aktualisierende Feststellungen hinzuzufügen:

(1) Nachdem der hessische Minister für Wirtschaft und Technik K. J. Hoffie den von der Deutschen Gesellschaft für Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen (DWK) genannten Standort Wethen (Kreis Waldeck-Frankenberg in Nordhessen) für eine 350-jato-Wiederaufarbeitungsanlage am 18. August 1981 als ungeeignet abgelehnt hatte, weil nach geologischem Befund Einbrüche des Baugrundes nicht auszuschließen wären (S. 657f.), schlug die DWK zwei neue Standorte zur Wahl vor, nämlich einmal ein Gebiet des Ortsteils Merenberg der gleichnamigen Gemeinde und des Ortsteils Lahr der Gemeinde Waldbrunn (beide im Landkreis Limburg-Weilburg) und sodann ein Gebiet der Ortsteile Röddenau und Wangershausen der Gemeinde Frankenberg (Landkreis Waldeck-Frankenberg). Diese Standortvorschläge wurden am 2. Dezember 1981 in Wiesbaden bekanntgegeben. Bis zum Redaktionsschluß hat die hessische Regierung noch nicht über diese Vorschläge entschieden.

(2) Am 11. Februar 1981 benannte die DWK auch drei Standorte in Bayern, und zwar auf den Gebieten der Gemeinden Wackersdorf, Steinberg und Teublitz, sämtlich im Landkreis Schwandorf nördlich von Regensburg (vgl. S. 656f.). Für zwei dieser drei genannten Standorte sollen im Frühjahr 1982 Raum-

ordnungsverfahren beantragt werden. Die DWK wirbt mit dem Argument, im Raum Schwandorf kämen günstige geographische und soziologische Bedingungen zusammen. Es könnten 2000 bis 2500 neue Arbeitsplätze geschaffen werden.

7.8 Beschleunigung des Genehmigungsverfahrens

In ihrer Regierungserklärung vom 24. November 1980 kündigte die Bundesregierung an, die Möglichkeiten einer Beschleunigung des Genehmigungsverfahrens für Kernkraftwerke – ohne Einbußen an Sicherheit und Rechtsschutz – zu prüfen (S. 824). Die Verhandlungen mit den Ländern wurden nunmehr abgeschlossen (Text-Ziffer 80 der Dritten Fortschreibung vom 4. November 1981). Man einigte sich dahin, die Atomrechtliche Verfahrensverordnung zu ändern und eine Reihe von administrativen Maßnahmen einzuführen, von einer Änderung des Atomgesetzes aber abzusehen.

Der nachstehende mit den Ländern abgestimmte Zehn-Punkte-Maßnahmenkatalog wurde am 14. Oktober 1981 vom Kabinettsausschuß für die friedliche Nutzung der Kernenergie gebilligt:

1. Einheitliche Auslegung der Anlagen durch die Antragsteller (Standardisierung). – Geschieht dies, so kann sich die Begutachtung von Folgeanlagen zu einer bereits genehmigten Anlage auf Fragestellungen konzentrieren, ob veränderter Stand von Wissenschaft und Technik oder andere anlagen- oder standortspezifische Gegebenheiten eine veränderte Schadensvorsorge erforderlich machen. Damit wäre die Möglichkeit von Genehmigungen im Konvoiverfahren gegeben.
2. Vereinheitlichung der Genehmigungsanträge nach Umfang und Inhalt.
3. Übernahme bzw. verstärkte gegenseitige Anerkennung von Sachverständigengutachten durch die Genehmigungsbehörden. – Hierdurch könnte Doppelarbeit bei der Begutachtung identischer oder vergleichbarer Sachverhalte vermieden werden.
4. Einheitliche Beauftragung der Sachverständigen durch die Genehmigungsbehörden. – Dies ermöglicht die Übernahme von Gutachten, die für andere Genehmigungsbehörden erstattet wurden.

5. Rechtzeitige und vollständige Vorlage prüffähiger Unterlagen durch die Antragsteller.

6. Einheitliche Beurteilung der Anlagen hinsichtlich der nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderlichen Schadensvorsorge. – Zu diesem Zwecke haben die Genehmigungsbehörden ein besonderes Gremium eingesetzt. Die Entscheidung, ob und in welchen Fällen im Laufe eines Genehmigungsverfahrens auftretende neue Erkenntnisse zu einer veränderten Schadensvorsorge führen müssen, soll durch Bewertungskriterien erleichtert werden, die die Reaktorsicherheitskommission vorschlagen und der Länderausschuß für Kernenergie verabschieden soll.

7. Reduzierung der Zahl der Teilerrichtungsgenehmigungen.

8. Verbesserte Personalausstattung der Genehmigungsbehörden.

9. Verbesserte Projektleitungen der Elektrizitätsversorgungsunternehmen.

10. Neufassung des § 4 Abs. 2 der Atomrechtlichen Verfahrensverordnung. – Nach geltender Rechtsauslegung, die durch das Urteil des Bundesverfassungsgerichts in der Sache Mülheim-Kärlich bestätigt wurde (S. 864), kann von einer neuen Bürgerbeteiligung dann abgesehen werden, wenn eine wesentliche Veränderung einer bestehenden Anlage oder eines Vorhabens während eines Genehmigungsverfahrens die Sicherheit verbessert. Dieser Rechtsgrundsatz soll in der Verordnung selber klargestellt werden.

R. Lukes weist in einer kritischen Stellungnahme[5] darauf hin, daß von den zehn Punkten drei weder Rechtsgrundlagen noch die behördliche Tätigkeit, sondern das Verhalten der Antragsteller betreffen (Punkte 1,5 und 9). Sechs Punkte befassen sich mit der Tätigkeit der Genehmigungsbehörden (Nrn. 2,3,4,6,7 und 8). Die gewundene Aussage des nach seiner Meinung einzig wichtigen Punktes – Nr. 7 – lasse eine deutliche Verringerung der Zahl der Teilerrichtungsgenehmigungen wenig erwarten. Die bisherige Praxis mit Dutzenden von Teilerrichtungsgenehmigungen mit jeweils mehreren Dutzend Auflagen sei auch unter Rechtsschutzaspekten nicht optimal. Lukes weist schließlich darauf hin, daß den Rechtsgrundlagen des Verfahrens nur ein einziger Punkt gelte: die unter Ziffer 10 angekündigte Neufassung von § 4 Abs. 2 der Atomrechtlichen Verfahrensverord-

[5] Energiewirtschaftliche Tagesfragen Nr. 11–12/81, S. 827f.

nung. Hiervon könne man sich eine Verringerung der Unsicherheit aller Beteiligten versprechen.

Wie andere Betroffene meint W. Rinke[6], der Maßnahmenkatalog sei ein erster Schritt in die richtige Richtung. Mehr Rechtssicherheit für den teueren Kraftwerksbau sei aber nicht zu erwarten.

7.9 Neue Orientierungen der amerikanischen Nichtverbreitungs- und Kernenergie-Exportpolitik

Das »Presidential Statement on US Non-Proliferation and Peaceful Nuclear Cooperation Policy« vom 16. Juli 1981 bringt eine erste generelle, aber noch wenig konkrete Neuordnung der amerikanischen Politik auf diesen Gebieten[7] (vgl. S. 925). Danach will Präsident Reagan

(1) an den bisherigen Zielen der nuklearen Nichtverbreitungspolitik festhalten,

(2) zur Verwirklichung dieser Politik neben den traditionellen auch neue Instrumente einsetzen und

(3) die Anwendung dieses Instrumentariums stärker danach differenzieren, wie verläßlich der jeweilige Partner hinsichtlich einer etwaigen Verbreitung von Kernwaffen ist.

Zu (1) Die amerikanische Regierung hält an ihrem seit dem Manhattan-Projekt niemals aufgegebenen Ziel fest, jede weitere Verbreitung von Kernsprengkörpern (nuclear explosives) zu verhindern. Das Statement vom 16. Juli 1981 beschränkt sich aber auf die horizontale Proliferation (S. 892). Die amerikanischen Bemühungen zu einer Begrenzung der vertikalen Proliferation, d.h. des nuklearen Wettrüstens der Kernwaffenstaaten, sind nicht Gegenstand des Statement.

Zu (2) Das Statement vom 16. Juli 1981 verweist zunächst auf die bereits von früheren Regierungen eingesetzten, im wesentlichen technischen Non-Proliferations-Instrumente, so auf den Atomwaffensperrvertrag von 1968 (S. 892), den Vertrag von Tlatelolco von 1967 (S. 905), die zahlreichen bi- und trilateralen Kooperations- und Safeguard-Abkommen (S. 889) und auf die

[6] Energiewirtschaftliche Tagesfragen Nr. 11–12/81, S. 826f.

[7] Vgl. dazu H. Marshall, US-Kernenergie-Politik unter internationalen Aspekten. Vortrag vor dem Deutschen Atomforum am 5. 10. 81 in Bonn, und S. Frh.v.Welck, Die neue amerikanische nukleare NV- und Exportpolitik. atomwirtschaft, Nov. 1981, S. 593ff.

Internationale Atomenergie-Organisation (IAEO) mit ihren vielfältigen Möglichkeiten der Kontrolle (S. 900). Reagan kündigte zugleich die Absicht an, das Protokoll zum Vertrag von Tlatelolco zu unterzeichnen.

Neu und zugleich charakteristisch sind die in dem Reagan-Statement bezeichneten Maßnahmen zum Abbau sicherheitspolitischer Motivationen für eine Verbreitung von Kernwaffen. Die amerikanische Regierung will dies vor allem durch eine Politik gegenüber »sensitiven Staaten« wie Pakistan, Israel oder Südafrika erreichen, die zum Abbau der politischen Spannungen mit Nachbarstaaten beiträgt, so daß sich die Motivation eines Zugangs zu sensitiven Technologien, Ausrüstungen und Materialen verringert.

Die energiepolitische Motivation zum Bau oder Erwerb »sensitiver Anlagen«, vor allem von Wiederaufarbeitungsanlagen und Brutreaktoren, wird anerkannt. Zivile Wiederaufarbeitung und Brüterentwicklung sollen in Staaten mit fortgeschrittenen Kernenergie-Programmen grundsätzlich weder beeinträchtigt noch verzögert werden, da in diesen Staaten die Existenz solcher Anlagen kein Proliferationsrisiko darstellt. Dagegen soll Staaten mit begrenzten Kernenergieprogrammen durch eine geeignete Politik die energiewirtschaftliche Motivation für sensitive Anlagen genommen werden.

Bei der friedlichen Nutzung der Kernenergie will die amerikanische Regierung in Zukunft mehr als bisher mit anderen Staaten zusammenarbeiten. Sie wird dabei bemüht sein, ihr Ansehen als zuverlässiger und kalkulierbarer Lieferant nuklearer Materialien, Ausrüstungen und Technologien wiederherzustellen. In diesem Sinne hat Präsident Reagan die Ministerien angewiesen und die Nuclear Regulatory Commission (NRC) aufgefordert, über Exportaufträge zügig zu entscheiden. Dabei wird zunächst von einem Weitergelten des Nuclear Non-Proliferation Act (NNPA) von 1978 (S. 910) ausgegangen. Eine grundsätzliche Überprüfung aller einschlägigen Gesetze, auch des NNPA 78, wird in dem Statement aber angekündigt.

Zu (3) Wie oben bereits angedeutet wurde, soll bei der Anwendung der amerikanischen Nichtverbreitungs- und Export-Vorschriften zukünftig deutlich zwischen zuverlässigen und unzuverlässigen Partnern unterschieden werden. Inwieweit im Rahmen dieser Politik auch Unterschiede zwischen Kernwaffenstaaten und Nicht-Kernwaffenstaaten abgebaut werden, bleibt abzuwarten.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß der neue amerikanische Präsident mit seinem Statement vom 16. Juli 1981 der restriktiven und auf Konflikte mit den Bündnispartnern angelegten Politik seines Vorgängers eine deutliche Absage erteilt hat. In welchem Maße sich die neue, mehr von den Grundsätzen der politischen Vernunft geprägte Politik durchsetzen wird, kann gegenwärtig noch nicht beurteilt werden.

Literaturverzeichnis

Eine Auswahl ganz überwiegend deutschsprachiger Schriften; im übrigen siehe die Literaturhinweise im Text und in den Fußnoten. »Alternativ-Literatur« im engeren Sinne ist durch * gekennzeichnet.

Zeitschriften

atom-informationen. Bonn.
Atom und Strom. Frankfurt a. M.
atomwirtschaft-atomtechnik. Düsseldorf; dazu Jahrbücher der Atomwirtschaft.
atw-Broschüren: Kernenergie und Umwelt. Düsseldorf. Wichtige Bände sind unter dem Verfassernamen genannt.
Bild der Wissenschaft. Stuttgart.
Brennstoff – Wärme – Kraft. Düsseldorf.
Elektrizitätswirtschaft. Frankfurt a. M.
Energie. Gräfelfing.
Energie und Technik. Düsseldorf.
Energietechnik. Leipzig.
Energiewirtschaftliche Tagesfragen. Gräfelfing b. München.
Europe Energy. Brüssel.
Glückauf. Essen.
International Atomic Energy Agency Bulletin. Wien.
Kerntechnik. München.
Kernthemen. Bonn. Wichtige Bände sind unter dem Verfassernamen genannt.
nuclear engineering international. Sutton/Surrey (GB).
Nucleonics Week. New York.
Petroleum Economist. London.
SVA-Bulletin. Bern.
VDI-Nachrichten. Düsseldorf.
Zeitschrift für Energiewirtschaft. Braunschweig u. Wiesbaden.
Zeitschrift für kommunale Wirtschaft. München.

Bücher

Adam, H.: Einführung in die Kerntechnik. München und Wien (Oldenbourg) 1967.

*Altner, G. und J. Schmitz-Feuerhake (Hrsg.): Die Gefahren der Plutoniumwirtschaft – Der »Schnelle Brüter«. Ein Alternativ-Bericht des Öko-Instituts Freiburg/Breisgau. Frankfurt/M. (Fischer) 1979.

*Amery, C. u.a.: Energiepolitik ohne Basis – Vom bürgerlichen Ungehorsam zu einer neuen Energiepolitik. Frankfurt/M. (Fischer) 1978.
*Amery, C.: Natur als Politik. Die ökologische Chance des Menschen. Reinbek (Rowohlt) 1976.
*Aust, St.: Brokdorf. Symbol einer politischen Wende. Hamburg 1981.
Barwich, H. und E.: Das rote Atom. Frankfurt/M. (Fischer) 1970.
Baumgärtner, F. (Hrsg.): Chemie der nuklearen Entsorgung, Teil I u. II. München (Thiemig) 1978.
Bedenig, D.: Gasgekühlte Hochtemperaturreaktoren. München (Thiemig) 1972.
Bischoff, G., W. Gocht u.a.: Das Energiehandbuch. Braunschweig (Vieweg) [3]1979: (auch als Taschenbuch erschienen).
Borsch, P., W. Freier u. E. Münch: Perspektiven der Kernenergie. KFA-Bericht Jül-Conf-32, Dez. 1979.
Borsch, P. u. E. Münch: Nutzen und Risiko der Kernenergie. KFA-Bericht Jül-Conf-17, März [3]1977.
*Bossel, Krause, Müller-Reissmann: Die Energiewende – Wachstum und Wohlstand ohne Erdöl und Uran. Frankfurt (Fischer) 1980.
*Bossel, H.: Bürgerinitiativen entwerfen die Zukunft. Frankfurt (Fischer) 1978.
Bossle, L., B. Freudenfeld, W. Hromadka u. H. Nachtigall: Wider die Angst. Köln 1980.
Braunbeck, W.: Grundbegriffe der Kernphysik. München (Thiemig) 1972.
Bröcker, B.: dtv-Atlas zur Atomphysik. München [2]1980.
Bruchmann, G.: Sonnenkraft statt Atomenergie. Wien-München-Zürich-Innsbruck (Molden) 1978.
Bünemann, D.: Faktensammlung zur Kerntechnik. Bonn (KTG) [2]1981.
Connolly, Th. J., U. Hansen, W. Jaek u. K. H. Beckurts: World Nuclear Energy Paths. New York u. London 1979.
v. Cube, A.: Auf einem Tiger reiten – Für und wider die Atomenergie. Köln-Frankfurt/M. (Europäische Verlagsanstalt) 1977.
v. Cube, A. u.a.: Die Welt des Atoms. Tübingen (Wunderlich) 1970.
Czakainski, M.: Die Marketing-Konzeption von Kernkraftwerk-Herstellern. München (Oldenbourg) 1980.
Dahrendorf, R. u.a.: Die Energiekrise. Episode oder Ende einer Ära? Reinbek (Rowohlt) 1974.
Degenhart, C.: Kernenergierecht. Köln (Heymanns) 1981.
*de Witt, S. und H. Hatzfeld (Hrsg.): Zeit zum Umdenken! Kritik an v. Weizsäckers Atom-Thesen. Reinbek (Rowohlt) 1979.
Deubner, C.: Die Atompolitik der westdeutschen Industrie und die Gründung von Euratom. Frankfurt/M.-New York (Campus) 1977.
Eiser, E., J. Riederer, W. Obernolte u. W. Danner: Energiewirtschaftsrecht (Loseblatt-Kommentar). München (Beck).
Eppler, E.: Ende oder Wende – Von der Machbarkeit des Notwendigen. Stuttgart 1975.

von Erichsen, L.: Friedliche Nutzung der Kernenergie. Berlin (Springer) 1962.
Euler, J. J. u. A. Scharmann, (Hrsg.): Wege zur Energieversorgung. München (Thiemig) 1977.
Fassbender, J.: Einführung in die Reaktorphysik. München (Thiemig) 1967.
Finkelnburg, W.: Einführung in die Atomphysik. Berlin (Springer) 1967.
Fischerhof, H. (Hrsg.): Deutsches Atomgesetz und Strahlenschutzrecht. Kommentar mit Berücksichtigung des internationalen Rechts, Band I. Baden-Baden (Nomos) 1978.
*Gaul, E.: Atomenergie oder ein Weg aus der Krise. Reinbek (Rowohlt) 1974.
Gemper, B. B. (Hrsg.): Energieversorgung. München (Vahlen) 1980.
Gerwin, R.: Atomenergie in Deutschland. Hrsg. in Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium für wissenschaftliche Forschung. Düsseldorf-Wien (Econ) 1964.
Gerwin, R.: Kernkraft heute und morgen. Stuttgart (dva) 1971.
Gerwin, R.: Die Welt-Energieperspektive – Analyse bis zum Jahr 2030 nach dem IIASA-Forschungsbericht »Energy in a Finite World«. Stuttgart (DVA) 1980.
Gerwin, R.: So ist das mit der Entsorgung. Düsseldorf-Wien (Econ) 1978.
Gerwin, R.: So ist das mit der Kernenergie. Düsseldorf-Wien (Econ) 1978.
Ginsburg, Th.: Die friedliche Anwendung von nuklearen Explosionen. München (Thiemig) 1965.
Glatzka, W.: Das kleine Energielexikon. Essen (Glückauf) 1980.
*Graeub, R.: Die sanften Mörder. Atomkraftwerke – demaskiert. Rüschlikon (Müller) 1972.
Grathwohl, M. (Hrsg.): Energieversorgung: Ressourcen, Technologien, Perspektiven. Berlin-New York (WDEG) 1978.
Grosse, N.: Ökonomik der Kernenergie. Basel und Tübingen (Kyklos und J. C. B. Mohr) 1963.
Gruhl, H.: Ein Planet wird geplündert. Frankfurt/M. (Fischer) 1976.
Grupe, H. und W. Koelzer: Fragen und Antworten zur Kernenergie. Bonn (Informationszentrale der Elektrizitätswirtschaft) 1980.
Gueron, J.: Les matériaux nucléaires. Paris (Presses Universitaires) 1977.
Gueron, J.: L'énergie nucléaire. Paris (Presses Universitaires) ^{3}1977.
Haenschke, F.: Modell Deutschland? Die Bundesrepublik in der technologischen Krise. Reinbek (Rowohlt) 1977.
Hammond, A. L. u.a.: Energie für die Zukunft. Frankfurt a.M. (Umschau) 1974.
*Harich, W.: Kommunismus ohne Wachstum?, Babeuf und der Club of Rome. Reinbek (Rowohlt) 1975.

Hartshorn, J. E.: Erdöl zwischen Mächten und Märkten. Die internationale Ölindustrie. Oldenburg (Stalling) 1962.
Hauff, V. (Hrsg.), Handlungsspielräume der Energiepolitik. Villingen-Schwenningen 1980.
Herbig, J.: Kettenreaktion. Das Drama der Atomphysiker. München (Hanser) 1976.
Heywang, F.: Kurze Einführung in die Atomphysik. Hamburg (Handwerk und Technik) 1971.
Hildebrandt, T.: Die nächsten 50 Jahre – Analysen und Szenarien der wirtschaftlichen Evolution. KFA-Bericht Jül-Spez-81, Juni 1980.
Höcker, K. H. und K. Weimer: Lexikon der Kern- und Reaktortechnik, Stuttgart (Franckh) 1959.
*Höll, K.: Die Wahrheit über die Atomkraftwerke. München (Pfriemer) 1977.
Hossner, R.: Woher das Kernkraftwerk seinen Brennstoff bekommt und was damit geschieht. Bonn (Informationskreis Kernenergie) 1980.
Irving, D.: Der Traum der deutschen Atombombe. Gütersloh (Mohn) 1967.
Jungk, R.: Der Atom-Staat. München (Kindler) 1977.
Jungk, R.: Heller als tausend Sonnen. Das Schicksal der Atomforscher. Stuttgart (Scherz und Goverts) 1956.
Kahn, H.: Die Zukunft der Welt 1980–2000. Wien, Zürich u. New York (Molden) 1979.
Kaiser, H. und B. Lindemann: Kernenergie und internationale Politik. München (Oldenbourg) 1975.
Karweina, G.: Der Megawattclan. Hamburg (Gruner & Jahr) 1981.
Katscher, F.: Kernenergie und Sicherheit. Eine Bürgerinformation des Bundesministeriums für Gesundheit und Umweltschutz. Wien 1978.
Keiser, G.: Die Energiekrise und die Strategien der Energiesicherung. München (Vahlen) 1979.
Kliefoth, W.: Vom Atomkern zum Kernkraftwerk. München (Thiemig) 1963.
Kliefoth, W. und E. Sauter: Kernreaktoren. Bonn (Schriftenreihe des Deutschen Atomforums, 2) 1973.
Knizia, K.: Verzagen und Versagen? – Nein danke! Essen (VGB-Kraftwerkstechnik GmbH) 1980.
Knizia, K.: Energie – Ordnung – Menschlichkeit. Düsseldorf u. Wien (Econ) 1981.
Koelzer, W.: Kernenergie – Begriffe, Hinweise, Tabellen. Karlsruhe (Gesellschaft für Kernforschung) 1973.
Koelzer, W.: Lexikon zur Kernenergie. Karlsruhe (Kernforschungszentrum Karlsruhe) 1980.
Krawczynski, S. J. B.: Radioaktive Abfälle, Aufbereitung – Lagerung – Beseitigung. München (Thiemig Taschenbuch, 27) 1967.
Krüper, M.: Energiepolitik, Kontroversen – Perspektiven.

Kuhlmann, A.: Einführung in die Probleme der Kernreaktorsicherheit. Düsseldorf (VDI) 1967.

Leschhorn, F.: Der Weltmarkt für Natururan – Möglichkeiten zur Versorgung der Bundesrepublik Deutschland. Clausthal-Zellerfeld 1981.

*Lienemann, W. u.a.: Alternative Möglichkeiten für die Energiepolitik – Argumente und Kritik. Opladen (Westdeutscher Verlag) 1978.

Lindackers, K. H. u.a.: Kernenergie – Nutzen und Risiko. Stuttgart (dva) 1970.

Lindner, H.: Kraftquell Kernenergie. Leipzig-Jena-Berlin (Urania) 1975.

Lukes, R., W. Bischof u. N. Pelzer: Sachverständigentätigkeit im atomrechtlichen Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren in der Bundesrepublik Deutschland, Frankreich, Großbritannien und den USA. Heidelberg 1980.

*Manstein, B. (Hrsg.): Atomares Dilemma. Frankfurt/M. (Fischer) 1977.

Margulies, R.: Atome für den Frieden. Köln u. Opladen (Westdeutscher Verlag) 1965.

Margulowa, T. C.: Kernkraftwerke. Leipzig (VEB) 1976.

Matthöfer, H. (Hrsg.): Energiequellen für Morgen. Frankfurt/M. (Umschau) 1976.

Matthöfer, H.: Interview und Gespräche zur Kernenergie. Karlsruhe (Müller) ^{2}1977.

Matz, G. u.a.: Der Brennstoffkreislauf. Bonn (Schriftenreihe des Deutschen Atomforums, 19) 1972.

Meadows, D.: Die Grenzen des Wachstums. Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit. Stuttgart (dva) 1972.

Mesarovic, M. und E. Pestel: Menschheit am Wendepunkt. Zweiter Bericht an den Club of Rome zur Weltlage. Stuttgart (dva) 1974.

Meyer-Larsen, W. (Hrsg.): Das Ende der Ölzeit. München (Heyne) 1979.

*Mez, L. (Hrsg.): Der Atomkonflikt. Atomindustrie, Atompolitik und Anti-Atom-Bewegung im internationalen Vergleich. Berlin (Olle & Wolter) 1979.

Mialki, W.: Energie aus dem Atomkern. Berlin, Frankfurt a.M. und Wien (Ullstein) 1966.

Michaelis, A.: Erdöl in der Weltwirtschaft und Weltpolitik. Berlin (Duncker & Humblot) 1974.

Michaelis, H.: Atomenergie heute. München (Oldenbourg) 1966.

Michaelis, H. und M. Czakainski: Gibt es Alternativen zur Kernenergie? – Energiebilanz. In: Kernthemen. Bonn (Schriftenreihe des Deutschen Atomforums) Nov. 1978.

Michaelis, H.: Energiemarkt und Energiepolitik in einer Europäischen Union. Frankfurt/M. (Metzner) 1976.

Michaelis, H.: Europäische Rohstoffpolitik. Essen (Glückauf) 1976.

Michaelis, H.: Langzeitprobleme der Energieversorgung. Band 12 der Reihe atw-Broschüren »Kernenergie und Umwelt«. Düsseldorf (Handelsblatt GmbH Verlag)
Michaelis, H. (Hrsg.): Existenzfrage Energie – die Antwort: Kernenergie. Düsseldorf u. Wien (Econ) 1980.
Mönig, W., D. Schmitt, H.-K. Schneider und J. Schürmann: Konzentration und Wettbewerb in der Energiewirtschaft. Herausgegeben vom Energiewirtschaftlichen Institut an der Universität Köln. München (Oldenbourg) 1977
Müller, W. und B. Stoy: Entkopplung – Wirtschaftswachstum ohne mehr Energie? Stuttgart (dva) 1978.
Münch, E. (Hrsg.): Tatsachen über Kernenergie. Essen (Girardet/ETV) 1980.
Münzinger, F.: Atomkraft. Berlin (Springer) 1957.
Nader, R. und J. I. Abbotts: The Menace of Atomic Energy. New York (D. W. Norton) 1977.
Oldekop, W. (Hrsg.): Druckwasserreaktoren für Kernkraftwerke. München (Thiemig) 1974.
Oldekop, W.: Einführung in die Kernreaktor- und Kernkraftwerkstechnik, Teil I und II. München (Thiemig) 1975.
Pelzer, N.: Deutsches Atomenergierecht (Loseblatt-Kommentar). Göttingen (O. Schwartz & Co).
Penczynski, P.: Welche Energiestrategie können wir wählen? Berlin und München (Siemens) 1978.
Petrosjanz, A. M.: Das Atom. Forschung und Nutzung. (Ost-)Berlin (Akademie-Verlag) 1973.
Posner, E.: Kernenergie als Beispiel für öffentliche Investitionsförderung. Essen (Glückauf) 1981.
Rau, H.: Geothermische Energie. München (Pfriemer) 1978.
Renn, O.: Die sanfte Revolution – Zukunft ohne Zwang? Essen (Girardet/ETV) 1980.
Riezler, W. und W. Walcher: Kerntechnik. Stuttgart (Teubner) 1958
Roggen, P.: Die Internationale Energie-Agentur. Bonn 1979.
*Rucht, D.: Von Wyhl nach Gorleben. Bürger gegen Atomprogramm und nukleare Entsorgung. München (Beck) 1980.
Röhrdanz, K.: Kerntechnik kurz und bündig. Würzburg (Vogel) 1964.
Rühle, H. und M. Miegel: Energiepolitik in der Marktwirtschaft. Stuttgart (Verlag Bonn aktuell) 1980.
*Ruske, B. u. D. Teufel: Das sanfte Energie-Handbuch. Reinbek (Rowohlt) 1980.
Schaefer, H.: Kernfragen – Unsere Energieversorgung heute und morgen. Düsseldorf und Wien (Econ) 1978.
Schaefer, H.: Struktur und Analyse des Energieverbrauchs der Bundesrepublik Deutschland. Gräfelfing 1980.
Schedl. O.: Atomkraft und kein Ende. München (Goldmann) 1980.
Scheuten, G.-H. und Tegethoff, W.: Das Recht der öffentlichen Ener-

gieversorgung, Loseblatt-Kommentar, Gräfelfing/München, seit 1972.

Schmidt, G.: Problem Kernenergie. Braunschweig (Vieweg) 1977.

Schmitt, D. und J. Schürmann (Hrsg.): Die Energiewirtschaft zu Beginn der 80er Jahre. Hans K. Schneider zum 60. Geburtstag. München (Oldenbourg) 1980.

Schmitt, D. u.a.: Parameterstudie zur Ermittlung der Kosten der Stromerzeugung aus Steinkohle und Kernenergie. Herausgegeben vom Energiewirtschaftlichen Institut an der Universität Köln. München (Oldenbourg) 1978.

Schmitz, K. u. A. Voss: Energiewende? Analysen, Fragen und Anmerkungen zu dem vom ÖKO-Institut vorgelegten »Alternativ-Bericht«. KFA-Bericht Jül – Spez – 73, April 1980.

Schulten, R. und W. Güth: Reaktorphysik I und II. Mannheim (BI-Hochschultaschenbücher, 6 und 11) 1960 und 1962.

Schultz, H. und H.-G. Vogt: Grundzüge des praktischen Strahlenschutzes. München (Thiemig Taschenbuch, 62) 1977.

Schulz, E.-H.: Vorkommnisse und Strahlenunfälle in kerntechnischen Anlagen – Aus 20 Jahren internationaler Erfahrung. München (Thiemig) 1966.

Schulz, W.: Ordnungsprobleme der Elektrizitätswirtschaft. München (Oldenbourg) 1979.

*Schumacher, E. F.: Die Rückkehr zum menschlichen Maß. Alternativen für Wirtschaft und Technik. Reinbek (Rowohlt) 1977.

Schürmann, H. J.: Ökonomische Ansätze zu einer rationalen Umweltpolitik und wirtschaftliche Konsequenzen. München (Oldenbourg) ²1978.

Schürmann, H. J.: Multinationale Energieunternehmen und ihre energiepolitische Beurteilung. München (Oldenbourg) 1980.

Schuster, H.: Handbuch der Atomwirtschaft. Hagen 1980.

Seifritz, W.: Sanfte Energietechnologie. Hoffnung oder Utopie. München (Thiemig) 1980.

Smidt, D.: Reaktortechnik. Band 1 u. 2. Karlsruhe (Braun) ²1976.

Smyth, H. D.: Atomic Energy for Military Purposes (Smyth-Report). Princeton University Press 1946.

Stattmann, F.: Fachwörter der Kraftwerkstechnik, Teil I u. II. Deutsch – Englisch. München (Thiemig) 1971/1973.

Steger, U. u. Meyer-Abich, K. M.: Handlungsspielräume der Energiepolitik. Villingen (Neckar-Verlag) 1980.

Stoy, B.: Wunschenergie Sonne. Heidelberg (Energie Verlag) 1977.

*Strohm, H. (Hrsg.): Das Risiko Kernenergie. Hamburg (Association) 1975.

*Strohm, H.: Friedlich in die Katastrophe. Hamburg (Association) 1973.

*Strohm, H. (Hrsg.): Schnelle Brüter mit Wiederaufbereitungsanlagen. Hamburg (Association) 1977.

Tamplin, A. R. und J. W. Gofmann: Kernspaltung – Ende der Zukunft. Hameln (Sponholz) 1974.
Teichmann, H.: Einführung in die Atomphysik. Mannheim (BI).
Teller, E. und A. Latter: Ausblick ins Atomzeitalter. Frankfurt/M. (Fischer) 1958.
Teller, E.: Energie für ein neues Jahrtausend. Berlin (Ullstein) 1981.
Theimer, W.: Öl und Gas aus Kohle. Technologie und Politik am Ende des 20. Jahrhunderts. München (dtv) 1980.
Tietzel, M. (Hrsg.): Die Energiekrise – Fünf Jahre danach. Bonn (Neue Gesellschaft) 1978.
Traube, K.: Müssen wir umschalten? – Von den politischen Grenzen der Technik. Reinbek (Rowohlt) 1978.
Tugendhat, C.: Erdöl. Treibstoff der Weltwirtschaft – Sprengstoff der Weltpolitik. Reinbek (Rowohlt) 1972.
Vogg, H.: Radioaktivität heute. Bonn (Schriftenreihe des Deutschen Atomforums, 18) 1970.
Vogler, O.: Herausforderung Ölkrise. München (Bernard & Gräfe) 1981.
Volkmann, D. J. (Hrsg.): Alternativen der Energiepolitik. Gräfeling b. München (Resch) 1978.
Voß, A. und Schmitz, K. (Hrsg.): Energiemodelle für die BRD. Köln (Verlag TÜV Rheinland) 1980.
Waas, U.: Kernenergie – Ein Votum für Vernunft. Köln (dv Deutscher Instituts Verlag) [3]1981.
Wagner, F.: Die Wissenschaft und die gefährdete Welt – Eine Wissenschaftssoziologie der Atomphysik. München (C. H. Beck) [2]1969.
Wagner, H.: Genehmigungsverfahren für das Entsorgungszentrum. In: Schriftenreihe zum Thema »Kernenergie und Umwelt«. Hannover (DWK)
Weckesser, A.: Betrieb von Kernkraftwerken. München (Thiemig) 1969.
Weizsäcker, C. F. von: Wege aus der Gefahr. München 1977.
Weizsäcker, C. F. von: Die friedliche Nutzung der Kernenergie. Chancen und Risiken. Bonn (Informationskreis Kernenergie, Kernthema 9) 1978.
Wilker, L. (Hrsg.): Nuklearpolitik im Zielkonflikt. Verbreitung der Kernenergie zwischen nationalem Interesse und internationaler Kontrolle. Köln (Wissenschaft und Politik) 1980.
Winnacker, K. und K. Wirtz: Das unverstandene Wunder. Kernenergie in Deutschland. Düsseldorf-Wien (Econ) 1975.
Winnacker, K.: Schicksalsfrage Kernenergie. Düsseldorf-Wien (Econ) 1978.
Wünschmann, A.: »Unbewußt dagegen«. Stuttgart (Bonn aktuell) 1980.
*Wüstenhagen, H.-H.: Bürger gegen Kernkraftwerke. Wyhl – der Anfang? Reinbek (Rowohlt) 1975.

Zieger, G. und A. Lebahn (Hrsg.): Rechtliche und wirtschaftliche Beziehungen zwischen den Integrationsräumen in West- und Osteuropa. Baden-Baden (Nomos) 1980.
Ziemann, H. H.: Explosion im Atomkraftwerk. Wien-München (Molden) 1976.
Zischka, A.: Kampf ums Überleben. Das Menschenrecht auf Energie, Düsseldorf u. Wien (Econ) 1979.
Zischka, A.: Das Nach-Öl-Zeitalter. Düsseldorf und Wien (Econ) 1981.
Zydek, H. u. W. Heller (Hrsg.): Energiemarktrecht (Loseblatt-Kommentar). Essen (Glückauf).

Alternativen der Energiepolitik. Gräfelfing (Resch) 1978.
Argumente der Energiediskussion. Hrsg. vom jeweiligen Bundesminister für Forschung und Technologie, Villingen (Neckar-Verlag) – für das Thema dieses Buches interessante Beiträge sind unter den Namen der Verfasser oder Bearbeiter aufgeführt.
Viertes Atomprogramm der Bundesrepublik Deutschland für die Jahre 1973 bis 1976. Coburg (Neue Presse) 1974.
Bericht über das in der Bundesrepublik Deutschland geplante Entsorgungszentrum. Hannover (DWK) 9/1977.
Bericht über die Probleme der Nuklearpolitik der Gemeinschaft. Brüssel (Kommission der Europäischen Gemeinschaften) 1968.
Brennelement-Zwischenlager Ahaus. Kurzbeschreibung. Hannover (DWK) 1/1978.
Coal, Bridge to the Future. Report of the World Coal Study by Carroll L. Wilson. Cambridge (Mass.) 1980.
Das Buch vom Erdöl. Herausgegeben von der Deutschen BP. Hamburg (Reuter & Klöckner) [4]1978.
Das Ende der Verschwendung. Dritter Bericht an den Club of Rome. Stuttgart (dva) 1976.
Das Risiko Kernenergie. Aus der öffentlichen Anhörung des Innenausschusses des Deutschen Bundestages am 2. und 3. Dezember 1974. Herausgegeben vom Presse- und Informationszentrum des Deutschen Bundestages. Bonn 1975.
Daten und Fakten zur Energiediskussion. Eine Lebensfrage: Strom. Heft 1–6. Bonn (Informationszentrale der Elektrizitätswirtschaft) 1980.
Die Energiewirtschaft im Übergang auf neue Strukturen. Tagungsberichte des Energiewirtschaftlichen Instituts an der Universität Köln, Heft 21, München (Oldenbourg) 1980.
Die Energiewirtschaft zieht Bilanz. Berichte zur Lage der einzelnen Energiezweige. Essen (Glückauf) 1974.
Die Kernenergie als Problem europäischer Politik. Schriftenreihe des Arbeitskreises Europäische Integration e.V., Band 5. Baden-Baden (Nomos) 1980.

Die künftige Entwicklung der Energienachfrage in der Bundesrepublik Deutschland und deren Deckung. Perspektiven bis zum Jahre 2000. Gutachten von DIW, Berlin, EWI, Köln, u. RWI, Essen. Essen (Glückauf) 1978.
Die langfristige Entwicklung der Energieversorgung unter besonderer Berücksichtigung der Kernenergie. Tagungsberichte des Energiewirtschaftlichen Instituts an der Universität Köln, 15. München (Oldenbourg) 1969.
Die Versorgung mit Natururan. Vorträge eines internationalen Symposiums in Mainz. Bonn (Deutsches Atomforum) 1974.
Dokumentation über die öffentliche Diskussion des 4. Atomprogrammes der Bundesrepublik Deutschland für die Jahre 1973–1976. Bonn (BMFT) 1974.
Energie/Kernenergie. In: Spiegel-Verlagsreihe »Märkte im Wandel«. Hamburg 1979.
Energierecht. Textsammlung. Hrsg. v. d. Vereinigung Industrielle Kraftwirtschaft (VIK). Essen [5]1980.
Energiewirtschaft und Umwelt. Tagungsberichte des Energiewirtschaftlichen Instituts an der Universität Köln, 16. München (Oldenbourg) 1972.
Energy – Global Prospects 1985–2000. Report of the WAES, Workshop on Alternative Energy Strategies. New York (McGraw Hill) 1977.
Energy Policies and Programmes of IEA Countries, 1980 Review, OECD, Paris 1981.
Entsorgung in der Kerntechnik. Symposium am 19./20. Januar 1976 in Mainz. Bonn (Deutsches Atomforum) 1976.
Gibt es eine Alternative zur Kernenergie. Eine ZEIT-Serie. Hamburg (Zeit-Verlag) 1977.
Global 2000. Der Bericht an den Präsidenten. Frankfurt/M (Zweitausendeins) 1980.
Kernenergie – Adressen, Namen, Bezugsquellen in der Bundesrepublik Deutschland. Düsseldorf (Handelsblatt) [3]1979.
Kernenergie. Begriffe – Hinweise – Tabellen. Karlsruhe (GfK) 1975.
Kernenergie. Eine Bürgerinformation. Bonn (BMFT) [3]1978.
Kernenergie – offen bilanziert. Frankfurt/M. (Fischer) 1976.
Kernfragen. Antworten auf Fragen der Kernenergie. Bonn (Deutsches Atomforum) 1971.
Nuclear Energy Maturity. Proceedings of the European Nuclear Conference Paris 1975. 2 Bde. Oxford, New York, Paris, Braunschweig (Pergamon) 1975.
Nuclear Power Issues and Choices. Report of the Nuclear Energy Policy Study Group. Administered by the MITRE Corporation, Sponsored by the Ford Foundation. Cambridge-Massachusetts (Ballinger Publishing Company) 1977.
Nukleare Entsorgung. Bonn (BMFT) 1979.

Nutzen und Risiko der Kernenergie. Jülich (KFA Jül.-Conf.-17) [3]1976.

OECD-NEA: Nuclear Fuel Cycle Requirements. Februar 1978.

OECD-NEA and IAEA: Uranium – Resources, Production and Demand. Paris. Dezember 1979.

Planung in der Energiewirtschaft. Tagungsberichte des Energiewirtschaftlichen Instituts an der Universität Köln, Heft 20. München (Oldenbourg) 1978.

Preisbildung in der Energiewirtschaft, Tagungsberichte des Energiewirtschaftlichen Instituts an der Universität Köln, Heft 19. München (Oldenbourg) 1977.

Probleme der Kernenergie – Chancen, Risiken und Perspektiven in einer sich wandelnden Energiewirtschaft. Bonn (Neue Gesellschaft) 1977.

Rasmussen–Bericht (WASH-1400). Übersetzung der Kurzfassung. Hrsg. vom Institut für Reaktorsicherheit der Technischen Überwachungsvereine e. V. Köln 1975.

Statistik der Energiewirtschaft 1979/80. Hrsg. v. d. Vereinigung Industrielle Kraftwirtschaft. Essen 1980.

Tagungsberichte des Energiewirtschaftlichen Instituts an der Universität Köln. Die Berichte sind oben jeweils unter dem Generalthema der betreffenden Tagung aufgeführt.

Tagungsberichte der Reaktortagungen und der Jahrestagungen Kerntechnik, hrsg. vom Deutschen Atomforum e. V. und der Kerntechnischen Gesellschaft e. V.

Technik und Umweltschutz. Luft-Wasser-Boden-Lärm. Hrsg. von der Kommission für Umweltschutz beim Präsidium der Kammer der Technik. Leipzig (VEB) 1974.

The Nuclear Power Industry in Europe. Bonn, Deutsches Atomforum (FORATOM) 1978.

Urananreicherung. Vorträge anläßlich des Tages des Deutschen Atomforums Achema, 73. Bonn 1974.

»Was Sie immer schon über Kernenergie wissen wollten«. Bonn (Informationskreis Kernenergie, Kernthema 8) 1980.

World Energy – Looking Ahead to 2020. Report by the Conservation Commission of the World Energy Conference. Guildford UK-New York, NY 1978.

»Wie sicher ist die Entsorgung?« Schrift des KfK, Juni 1980.

World Energy Outlook. A Report by the Secretary of the OECD. Paris 1977.

World Energy Resources 1985–2020. Reports on resources, conservation and demand to the Conservation Commission of the World Energy Conference. London and New York (IPC) 1978.

»Zukünftige Kernenergiepolitik«. Bericht der Enquete-Kommission. Drucksache 8/4341 des Deutschen Bundestages.

Zum besseren Verständnis der Kernenergie. Hrsg. von den HEW und den NWK. 1973.
*Zum richtigen Verständnis der Kernenergie. (Bericht einer Autorengruppe der Universität Bremen). Berlin (Oberbaum) 1975.
Zur friedlichen Nutzung der Kernenergie. Eine Dokumentation der Bundesregierung. Bonn (BMFT) 1977.

Lexika (soweit nicht bereits oben unter den Namen der Verfasser aufgeführt)

dtv-Lexikon der Physik in 10 Bänden. Hrsg. von Hermann Franke. München (dtv) 1970.
Fischer-Lexikon. Technik und exakte Naturwissenschaften. Frankfurt/M. (Fischer) 1972.
Lueger-Lexikon der Technik. Elektrotechnik und Kerntechnik, Grundlagen. Stuttgart (dva) 1960.

Thiemig-Taschenbücher, München (Karl Thiemig) – für das Thema interessante Bände sind unter dem Namen der Verfasser oben aufgeführt.

Register
(zugleich Abkürzungsverzeichnis)

Der Nachtrag – 7. Die jüngsten Ereignisse – ist im Register nicht berücksichtigt.



dtv-Atlas zur Mathematik
von Fritz Reinhardt und
Heinrich Soeder
Tafeln und Texte
Originalausgabe
2 Bände

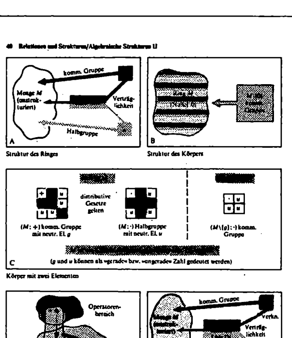
Band 1: Grundlagen, Algebra
und Geometrie.
Mit 118 Farbtafeln.

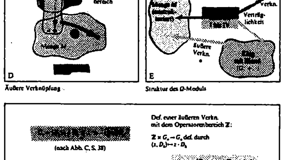
Band 2: Analysis und
angewandte Mathematik.

Aus dem Inhalt:
Band 1: Mathematische Logik.
Mengenlehre. Relationen und
Strukturen. Algebra. Zahlentheorie. Geometrie. Topologie.
Graphentheorie.

Band 2: Analysis. Differentialrechnung. Integralrechnung.
Differentialgleichungen.
Differentialgeometrie.
Funktionentheorie. Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik.
Lineares Programmieren.

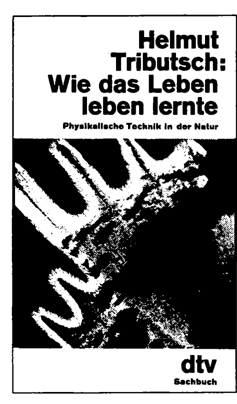
dtv 3007/3008







Mensch und Natur





Kreatur Mensch
Moderne Wissenschaft auf der Suche nach dem Humanum
Hrsg. v. Günter Altner
dtv 892

Joachim Illies:
Zoologie des Menschen
Entwurf einer Anthropologie
dtv 1227

Hoimar v. Ditfurth / Volker Arzt:
Dimensionen des Lebens
Reportagen aus der Naturwissenschaft
dtv 1277

Frederic Vester:
Denken, Lernen, Vergessen
Was geht in unserem Kopf vor?
dtv 1327

Frederic Vester:
Phänomen Streß
Wo liegt sein Ursprung, warum ist er lebenswichtig, wodurch ist er entartet?
dtv 1396

Helmut Tributsch:
Wie das Leben leben lernte
Physikalische Technik in der Natur
dtv 1517

Hellmuth Benesch:
Der Ursprung des Geistes
dtv 1542

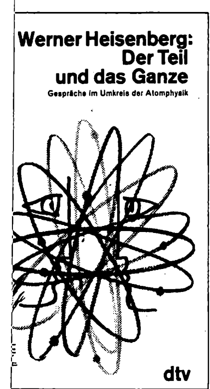
Hoimar v. Ditfurth:
Der Geist fiel nicht vom Himmel
Die Evolution unseres Bewußtseins
dtv 1587

Hans Breuer:
entdeckt – erforscht – entwickelt
Neueste Nachrichten aus der Wissenschaft
dtv 1658

Reinhard W. Kaplan:
Der Ursprung des Lebens
Biogenetik, ein Forschungsgebiet heutiger Naturwissenschaft
dtv / Thieme 4106

Adolf Remane / Volker Storch / Ulrich Welsch:
Evolution
Tatsachen und Probleme der Abstammungslehre
dtv 4234

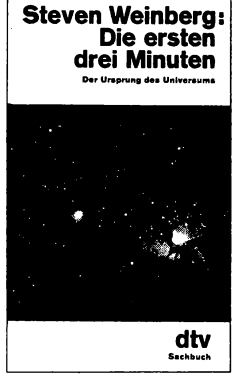
lensch und Kosmos



rner Heisenberg:
r Teil und das Ganze
spräche im Umkreis
Atomphysik
903

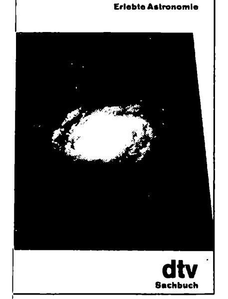


Jost Herbig:
Kettenreaktion
Das Drama
der Atomphysiker
dtv 1436



Steven Weinberg:
Die ersten drei Minuten
Der Ursprung
des Universums
dtv 1556

Otto Heckmann:
Sterne, Kosmos,
Weltmodelle
Erlebte Astronomie



to Heckmann:
erne, Kosmos,
eltmodelle
lebte Astronomie
v 1600

Hoimar v. Ditfurth:
Im Anfang
war der Wasserstoff
dtv
Sachbuch

Hoimar v. Ditfurth:
Im Anfang war
der Wasserstoff
dtv 1657

Pierre Teilhard
de Chardin:
Der Mensch im
Kosmos
dtv

P. Teilhard de Chardin:
Der Mensch im Kosmos
dtv 1732

Physikalisch-technische Grundlagen der Kernenergieerzeugung – Energiewirtschaft und Energiepolitik – Kernkraftwirtschaft – Brennstoffzyklus – Sicherheit und Umwelt – Internationale Politik gegen eine Verbreitung von Kernwaffen – Ausblick und jüngste Ereignisse

Zwei Bände
DM 39.80



Deutscher
Taschenbuch
Verlag